

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

М.І.КИСЕЛЬОВ, В.М.ФАТЕЄВ

**ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ  
АПАРАТИ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт з курсу  
(для студентів 2 – 3 курсів усіх форм навчання  
за напрямом підготовки 6.050702 (0922) Електромеханіка  
зі спеціальностей Електричні системи і комплекси транспортних засобів,  
Електричний транспорт)

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання лабораторних робіт з курсу “Тягові електричні апарати” (для студентів 2 – 3 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 (0922) Електромеханіка зі спеціальностей Електричні системи і комплекси транспортних засобів, Електричний транспорт)/Уклад. Кисельов М.І., Фатєєв В.М. –Х.: ХНАМГ , 2009. –70 с.

Укладачі: М.І.Кисельов,  
В.М.Фатєєв

Ці методичні вказівки призначені для вивчення обладнання, регулювання та випробування різноманітних типів тягових електричних апаратів, що використовуються на рухомому складі і тягових підстанціях міського електричного транспорту, в електричних системах і комплексах транспортних засобів. У них наведені: опис лабораторних установок, порядок виконання робіт з дотриманням правил і заходів електробезпеки, надані рекомендації щодо самостійної обробки результатів досліджень.

Рецензент: В.М.Гаряжа

Затверджені на засіданні кафедри «Електричний транспорт»,  
протокол № 4 від 20.10.09.

## Вступ

Лабораторні роботи з електричних апаратів сприяють глибшому і детальнішому вивченню, предмета утворенню конкретних уявлень щодо електричних апаратів і готують студентську молодь до практичної діяльності в цехах і лабораторіях. Лабораторні роботи — один з видів практичного навчання. Їх мета — закріпити теоретичні знання, перевірити на досвіді деякі положення теорії, більш глибоко вивчити принцип дії і технічні характеристики електричних апаратів, набути практичних навичок у складанні електричних схем при випробуванні електричних апаратів.

Творче виконання лабораторної роботи дозволяє студентам навчитися самостійно вирішувати деякі нескладні задачі дослідницького характеру, аналізувати результати дослідів і робити правильні висновки.

Для проведення лабораторних робіт у навчальних закладах застосовують спеціальні робочі місця — лабораторні стенди. Вони обладнані необхідними джерелами живлення, комутаційною та сигнальною апаратурою, вимірювальними приладами. До лабораторних стендів пред'являють наступні основні вимоги: безпека експлуатації; наочність; надійність; можливість складання електричних схем без застосування спеціального інструменту; ремонт - придатність і тривалий термін служби.

Одним з напрямів, яким повинне йти це вдосконалення, є розвиток і зміцнення матеріально-технічної бази навчального закладу. Сюди відносяться: широке впровадження технічних засобів навчання, оснащення лабораторій і кабінетів новітнім устаткуванням і приладами, модернізація лабораторних стендів і макетів з урахуванням останніх досягнень науки і техніки на сучасній компонентній базі.

Виконання лабораторних робіт є важливим засобом глибшого вивчення і засвоєння навчального матеріалу, а також набуття практичних навичок з експериментальних досліджень і поводження з електричними вимірювальними приладами.

Метою лабораторних занять з дисципліни "Тягові електричні апарати" є закріплення знань студентів, вивчення конструктивних особливостей електричних апаратів, які застосовують на рухомому складі та в системі електропостачання міського електричного транспорту, в електричних системах і комплексах транспортних засобів, вироблення навичок проведення випробувань тягових електричних апаратів та аналізу їх результатів.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

#### 1.1. Мета роботи

Метою роботи є вивчення електромагнітних механізмів конструкції електромагнітних контакторів і реле постійного струму, експериментальне визначення магнітних потоків у різних перерізах магнітопроводу і тягової характеристики.

#### 1.2. Загальні відомості і опис лабораторного обладнання

Лабораторна установка для дослідження магнітних кіл складається з електромагнітного реле постійного струму клапанного типу, змонтованого на панелі. Живлення головної обмотки реле здійснюють від мережі постійного струму напругою 220 В. У різних перерізах магнітопроводу вкладені вимірювальні обмотки з числом витків  $W=6$ . Кінці обмоток виведені на панель установки.

Електромагнітні реле, контактори будуються на різних електромагнітних механізмах.

Електромагнітні механізми застосовують для приведення в дію багатьох апаратів. Конструкції електромагнітів – різноманітні. Вони можуть бути класифіковані:

1) за способом дії: *що утримують* — для утримання тих або інших вантажів або деталей (наприклад, електромагнітні столи верстатів, електромагніти підйомних кранів і т. п.); *що* — здійснюють певну роботу, свій якір;

2) способу включення: *паралельною котушкою* — струм у котушці визначають параметрами самого електромагніту і напругою мережі; *з послідовною котушкою*;

3) за родом струму: *постійного струму* — при паралельному включенні струм в котушці залежить від опору її обмотки і прикладеної напруги, електромагнітна система працює при постійній МДС; *змінного струму* — при паралельному включенні струм у котушці залежить від індуктивності системи;

4) за характером руху якоря: *поворотні* — якір повертається навколо якоїсь осі або опори (рис. 1.1. а і б); *пряморухові* — якір переміщається поступально (рис. 1.1, в і г).

Для електромагнітів, що притягують, нас цікавить залежність створюваного електромагнітом зусилля від робочого зазору  $Q_T = f(\delta_p)$  або залежність моменту від кута розкриття якоря  $M = f(\delta)$ , оскільки для приведення в дію того або іншого апарату необхідно подолати його протидіючі сили, що змінюються по ходу якоря у різних апаратів по різному.

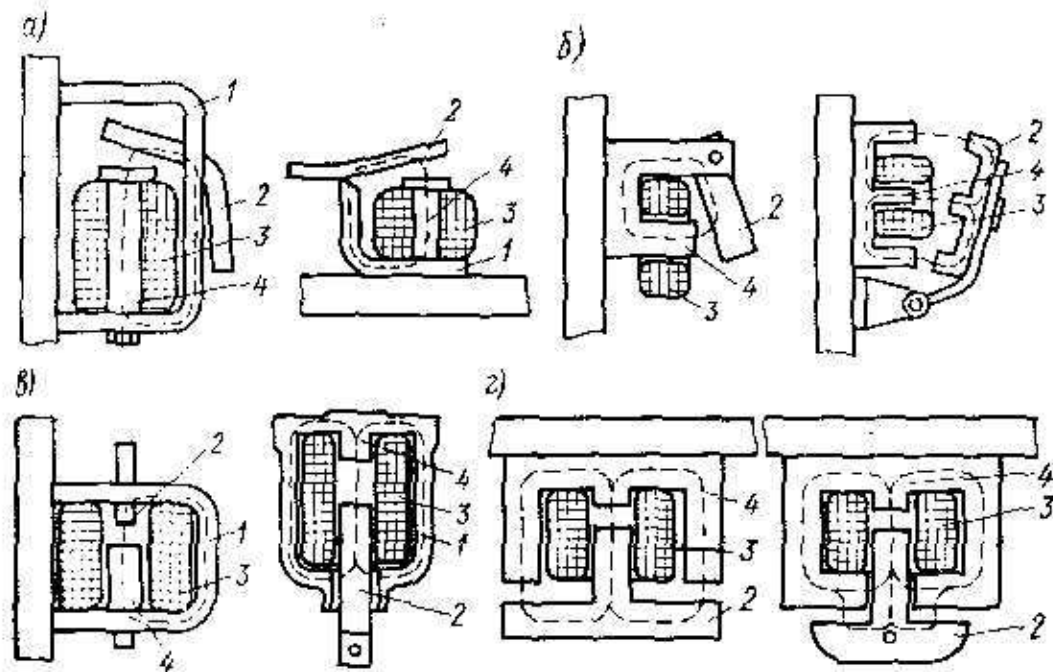


Рис 1.1.— Схеми електромагнітів: а, б — 3 поворотним якорем; в — 3 прямоходовим якорем — ; 2 — якір; 3 — котушка; 4 — сердечник з серієсною котушкою— [котушка включається в силове , струм в котушці визначається не параметрами електромагніту, а тими пристроями (машини, апарати) в яких включена котушка];

Під механічною характеристикою апарату розуміють залежність сумарної сили опору, протидіючої переміщенню рухомої системи, від ходу якоря. Сумарна сила опору складається з протидіючих сил контактних пружин, що відключають, ваги рухомої системи і сил тертя в підшипниках і шарнірах між рухомими деталями. При цьому протидіючі сили пружин і ваги завжди в один бік незалежно від напрямку переміщення якоря, сили тертя свій напрям залежно від напрямку руху якоря. Характеристики звичайно, будують: для пряморухомих систем в осях «протидіюча сила  $P_n$  — робочий зазор  $\delta$ , для поворотних магнітних систем в осях „протидіючий момент  $M_n$  — кут повороту  $\alpha$ ”.

Тягова характеристика  $Q_m = f(\delta)$  (рис. 1.2.) є залежність сили тяжіння електромагніта від зазору (відповідно залежність моменту тяжіння від кута повороту якоря). Рух якоря почнеться, коли електромагнітна сила тяжіння при  $Q_m > P_n$  стане більше протидіючої. Для забезпечення чіткого і надійного включення апарату тягова характеристика повинна лежати вище за механічну і відповідати їй. Залежно від конструкції і роду струму електромагніту можуть бути одержані різного роду статичні тягові характеристики.

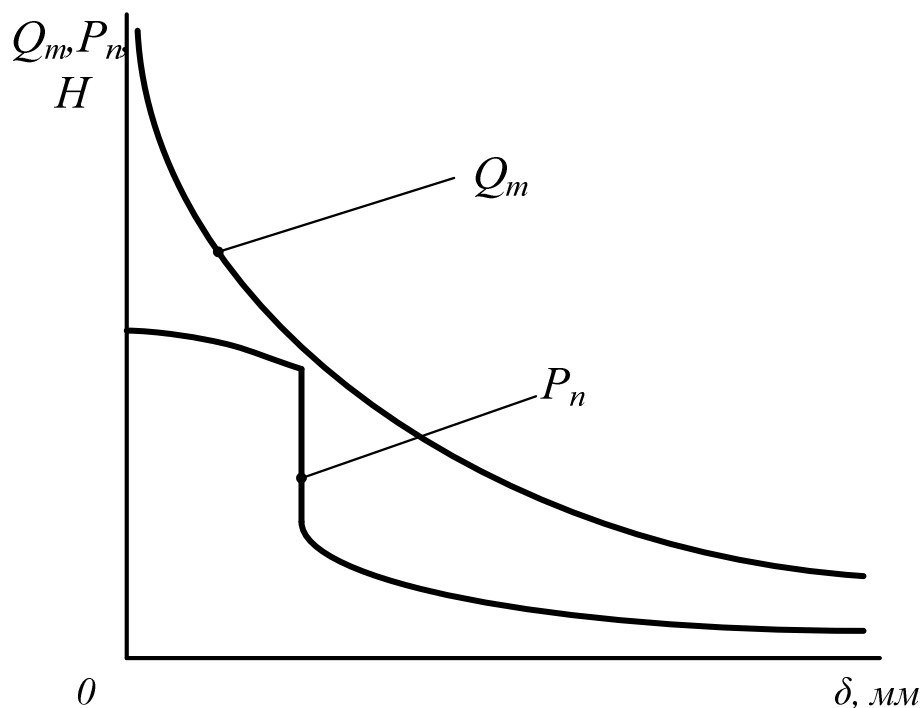


Рис. 1.2 – Тягова  $Q_m = f(\delta)$  протидіюча  $P_n = f(\delta)$  характеристики електромагніту

Розташування котушки в магнітній системі робочого зазору в значній мірі визначає потік розсіювання. Таким чином, при даній МДС значення сили тяжіння електромагніту також залежить від розташування котушки в магнітній системі. Велика сила тяжіння виходить, коли робочий зазор розташований усередині котушки. При цьому котушка повинна бути зміщена в бік якоря.

Магнітний потік за довжиною магнітопроводу змінюється через наявність потоків розсіювання  $\Phi_\sigma$ . Величина магнітного потоку  $\Phi_\delta$  (рис. 1.3), що проходить через робочий повітряний зазор, значно менша потоку в основі скоби.

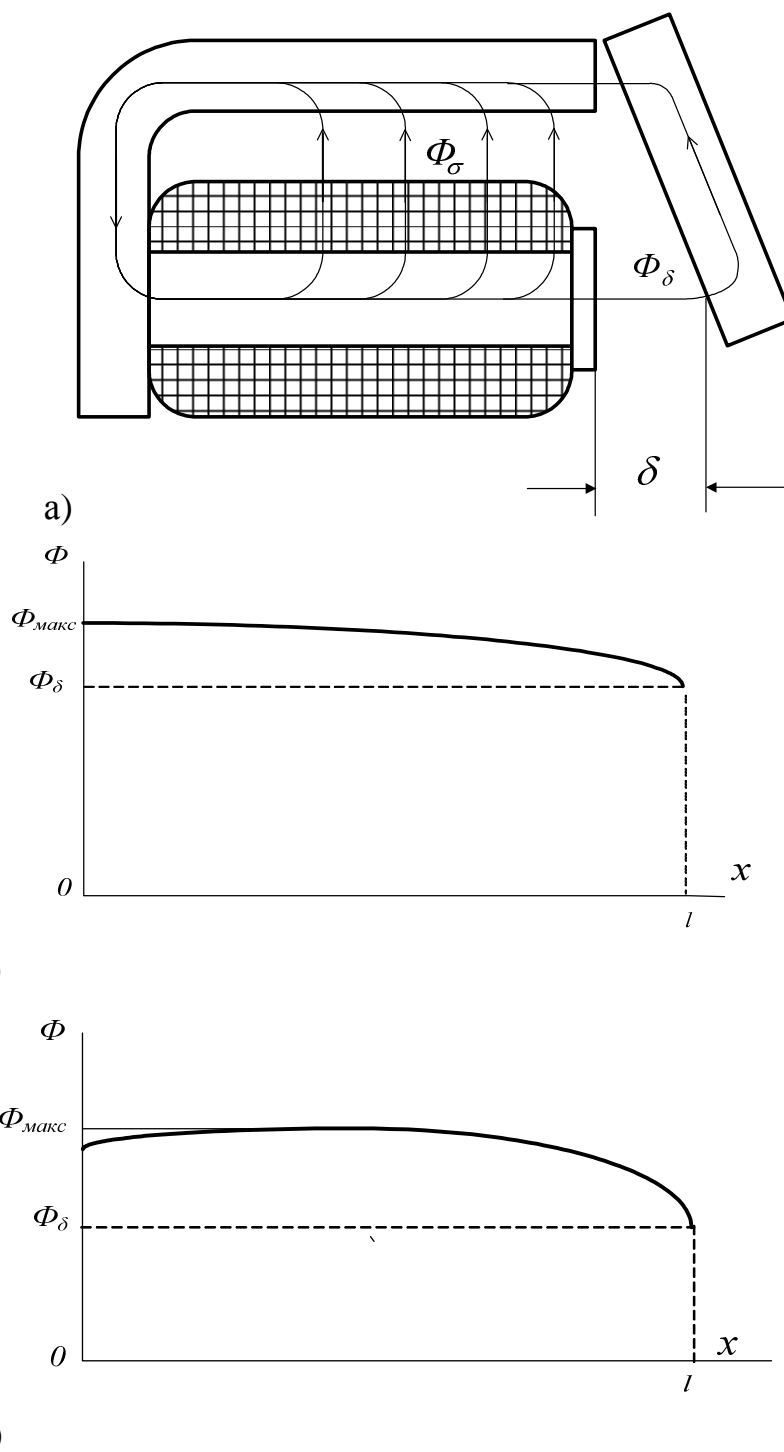


Рис. 1.3. – Розподіл магнітного потоку за довжиною магнітопроводу

Закон розподілу магнітного потоку за довжиною магнітопроводу можна виразити формулою

$$\Phi_x = \Phi_\delta \left[ 1 + \frac{q}{2lG_\delta} (l^2 - x^2) \right].$$

Де:  $q$  – магнітна провідність потоків розсіювання на одиницю довжини магнітного кола, Гн/м;  $G_\delta$  – магнітна провідність робочого повітряного зазору, Гн;  $l$  – довжина осердя, м.

Цей вираз потоку  $\Phi_x$  одержано в припущенні, що магнітний опір зазору між осердям і основою скоби дорівнює нулю. Зразкова крива розподілу потоку за довжиною осердя при  $R_0=0$  наведена на рис. 1.3,б. При  $R_0$ , не рівному нулю, максимум потоку буде зсунутий трохи праворуч (рис. 1.3,в).

Для зняття тягової характеристики, електромагнітний контактор змонтований на спеціальній основі (рис. 1.4). Кут повороту якоря (повітряний зазор) встановлюють за шкалою з допомогою спеціального гвинта.

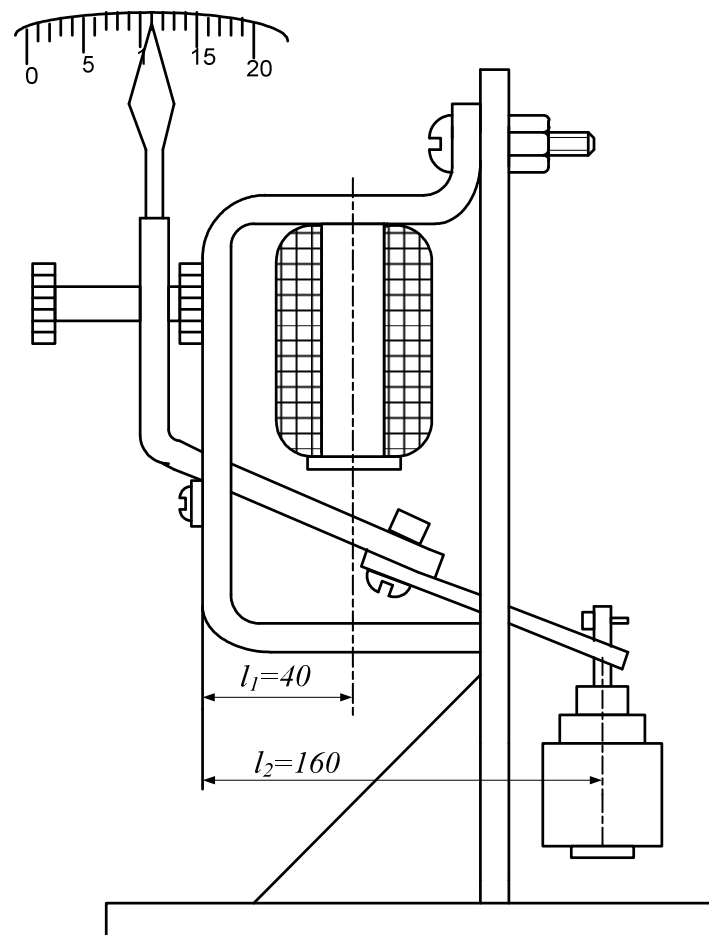


Рис. 1.4. – Установка для зняття тягової характеристики

Обмотка контактора живиться постійним струмом напругою 220В. До роботи додаються гирі (спеціальні) різної ваги.

При протіканні струму намагнічуючою обмоткою контактора створюється магнітний потік, що обумовлює тягове зусилля, під дією якого рухома частина магнітопроводу (якір) переміщується до осердя. При переміщенні якоря буде змінюватися повітряний зазор, а отже, і магнітна провідність останнього. Це, в свою чергу, призведе до зміни магнітного потоку і тягового зусилля. В електромагнітах постійного струму тягове зусилля обернено пропорційне квадрату величини робочого зазору.



### 1.3. Завдання.

- 1.3.1. Вивчити конструкцію електромагнітних реле і контакторів постійного струму клапаного типу.
- 1.3.2. Вивчити принципові електричні схеми випробування реле і контактора.
- 1.3.3. Експериментально визначити потокозчеплення в різних перерізах магнітопроводу за різних значень робочого повітряного зазору.
- 1.3.4. Зняти тягову характеристику електромагнітного контактора постійного струму.

### 1.4. Порядок виконання роботи.

- 1.4.1. Дослідити розподіл магнітного потоку за довжиною магнітопроводу.
- 1.4.2. Вивчити конструкцію електромагнітного реле клапаного типу, ознайомитися з обладнанням робочого місця. Зібрати робочу схему дослідження магнітного кола (рис. 1.5).

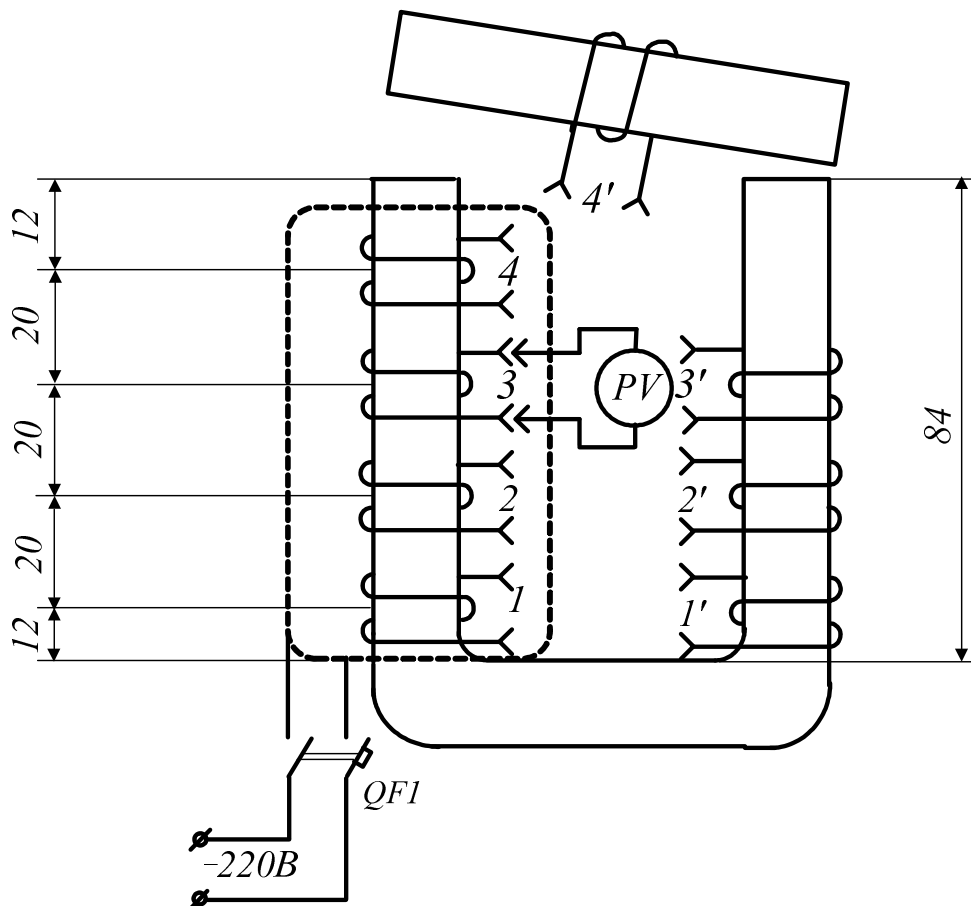


Рис. 1.5 – Схема дослідження магнітного кола.

- 1.4.3. Зробити вимірювання потокозчеплення в різних перерізах магнітопроводу. Для цього необхідно:
  - зафіксувати положення якоря реле за допомогою гвинта, розташованого на

хвостовій частині якоря ( повітряний зазор, при якому проводиться дослід, задається керівником);

- після перевірки схеми керівником, включити живлення і зробити вимір;
- аналогічно виміряти потокоозчеплення в перерізах усіх вимірювальних обмоток.

1.4.4. Дослід повторити для другого робочого зазору, заданого керівником. Результати занести до табл. 1.1.

Таблиця 1.1

№ вимірювальної обмотки		1	2	3	4	1'	2'	3'	4'
$\delta=\delta 1$	$e_i, мВ$								
	$*\psi_i, мВб$								
	$\Phi i, мВб$								
$\delta=\delta 2$									
	$e_i, мВ$								
	$*\psi_i, мВб$								
	$\Phi i, мВб$								

\*Примітка: При підключенні живлення до головної обмотки магнітний потік зміниться від нуля до деякого значення і у вимірювальній обмотці наведеться ЕРС. У цьому випадку потокозчеплення треба розрахувати:

$\psi = K * e$ , де  $e$  - електрорушійна сила,  $мВ$ ;  $K$ - коефіцієнт пропорційності,  $K=4$ .

1.4.5. Зняти тягову характеристику електромагнітного контактора.

1.4.6. Ознайомитися з обладнанням робочого місця.

1.4.7. Зібрати робочу схему (рис. 1.5) і виміряти тягове зусилля при різному положенні якоря. Для цього необхідно:

- установити максимальну вагу за допомогою спеціальних гирь і стрілку показчика зазору в середнє положення;
- після перевірки схеми керівником включити живлення і, плавно зменшуючи зазор, за допомогою спеціального гвинта (рис. 1.4.) зафіксувати його, при цьому якір притягнеться до осердя. Одночасно зафіксувати вагу  $Q_T$ ;
- зменшити вагу, а зазор збільшити так, щоб якір при вмиканні живлення не притягувався до осердя, одночасно зафіксувати вагу вантажу;
- плавню зменшуючи зазор, зафіксувати його; коли якір притягнеться до осердя, одночасно зафіксувати вагу вантажу;

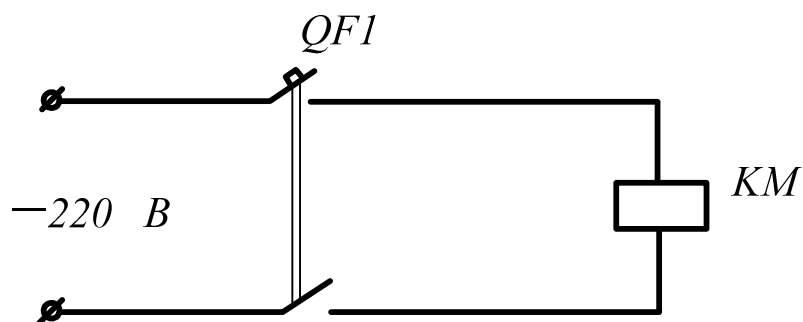


Рис. 1.6. – Схема включення контактора.

-аналогічні вимірювання зробити для 5–6 значень зазору, а результати занести до табл. 1.2.

Таблиця 1.2

№ досліду	1	2	3	4	5	6
Вимірювальні величини						
$\delta, \text{мм}$						
$Q_m, \text{Н}$						
$Q_{m \text{ пр}}, \text{Н}$						

Приведене тягове зусилля  $Q_{т. пр.}$  слід визначити за виразом

$$Q_{т. пр.} = (l_2 / l_1) * Q_m,$$

де  $l_1 = 40 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 160 \text{ мм}$  - відповідні плечі установки.

$Q_m = m * 9,81 \text{ (Н)}$ , де  $m$  – маса гир.

### 1.5. Зміст звіту:

Звіт про лабораторну роботу повинен включати:

- ескіз контактора (рис. 1.4) і схему дослідження магнітного кола (рис. 1.5) ;
- табл. 1.1 і 1.2, у яких наведені результати дослідів і розрахунки;
- графік залежності  $\Phi = f(x)$  при двох положеннях якоря, що побудований за даними табл. 1.1 окремо для осердя і скоби,
- графік залежності  $Q_{м.пр} = f(\delta)$ , що побудований за даними табл. 1.2;
- аналіз отриманих результатів.

### 1.6. Контрольні питання

1. Класифікація електромагнітних механізмів за способом дії.
2. Класифікація електромагнітних механізмів за способом включення.
3. Класифікація електромагнітних механізмів за родом струму.

4. Класифікація електромагнітних механізмів за різновидом та за характером руху якоря ?
5. Що таке тягова і протидійна характеристики електромагніту?
6. Назвіть фактори, що впливають на величину і розподіл магнітних потоків розсіювання.
7. Яка конструктивна відмінність електромагнітів постійного і змінного струму?
8. Як залежить форма тягової характеристики від ступеня насичення сталі?
9. З яких елементів складається електромагніт?
10. Назвіть сфери використання електромагнітів.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЧАСУ**

#### **2.1. Мета роботи**

Метою даної роботи є вивчення конструкції електромагнітного реле часу і дослідження впливу різних чинників на часові параметри реле.

#### **2.2. Описання лабораторної установки**

Лабораторна установка складається з трьох електромагнітних реле постійного струму. На осерді реле  $K1$  і  $K2$  змонтовані демпферні шайби (екрани), причому в реле  $K1$  екран установлений з боку основи скоби, а в реле  $K2$  1- з боку робочого зазору. Крім того, на установці змонтовані: конденсатор, резистор і напівпровідниковий діод для дослідження схемних способів виміру часових параметрів.

Витримку часу реле при спрацьовуванні й відпусканні вимірюють електросекундоміром типу  $ПВ-53$ , який підключають до мережі змінного струму напругою  $220\text{ В}$ . Живлення намагнічуючих обмоток реле здійснюють від джерела постійного струму через пакетний перемикач  $S1$ . Тому при проведенні досліду перемикач необхідно встановити у відповідне положення.

Динамічні властивості електромагнітів характерні двома часовими параметрами: часом спрацьовування  $t_{cnp}$  і часом відпускання  $t_{відп}$ . Запізнювання переміщення якоря стосовно зміни вхідного сигналу визначається, по-перше, електромагнітною інерцією кола обмотки електромагніту, що призводить до

відставання струму в обмотці від прикладеної до неї напруги; по-друге, – механічною інерцією рухомих частин.

Реле часу являє собою автоматично діючий апарат, в якого замикання, розмикання або переключення контактів настає через деякий строго визначений час після подачі сигналу (напруга на обмотку реле). Реле часу є, по суті, проміжними реле, оскільки вони сприймають здебільшого сигнали у вигляді імпульсів електроенергії, а потім через деякий час чинять електричний вплив на інші апарати.

У схемах релейного захисту, де до витримки часу ставляться більш високі вимоги, звичайно застосовують реле часу з годинниковим механізмом.

Для зміни часових параметрів електромагнітів існують конструктивні й схемні способи. З конструктивних способів найбільш широко використовують електромагнітні демпфери (екрани), годинникові механізми і пневматичні сповільнювачі.

Для зменшення часу відпускання додатково збільшують кінцеве значення робочого повітряного зазору з тим, щоб зменшити тягове зусилля в притягнутому положенні якоря. З цією метою в магнітне коло вводять спеціальні немагнітні прокладки, які закріплюють на осерді або якорі в робочому повітряному зазорі. Крім цього, немагнітні прокладки застосовують для виключення так названого “залипання” якоря. Останнє полягає в тому, що якір навіть після відключення котушки залишається притягнутим до осердя під дією залишкової намагніченості магнітопроводу. Тому немагнітні прокладки іноді називають штифтами відлипання.

Збільшення  $t_{cnp}$  та  $t_{відп}$  введенням короткозамкнутої обмотки (екрану) пояснюють тим, що ця обмотка сповільнює зміну магнітного потоку, утворює головна обмотка. Така гальмуюча дія короткозамкнутої обмотки визначається законом електромагнітної індукції, за яким будь – яка зміна магнітного поля, що зчеплюється з обмоткою, наводить у ній ЕРС, струм від якої, у свою чергу, створює магнітний потік, який спрямований так, що він прагне без зміни зберегти результуючий магнітний потік, який пронизує цю обмотку.

На рис. 2.1 зображені криві наростання магнітного потоку при вмиканні обмотки реле з короткозамкнутою обмоткою (крива 2) і без неї (крива 1). Криві спаду магнітного потоку (при знеструмленні обмотки) зображені на рис. 2.2 з короткозамкнутою обмоткою (крива 2) і без неї (крива 1).

Екран, вміщений біля скоби (рис. 2.3,в), у порівнянні з екраном уздовж

усього осердя, майже рівноцінний. Це пояснюється тим, що тут при спрацьовуванні, дія екрану зводиться до витиску потоку з кінця осердя і основи скоби в повітря, як це показано на рис. 2.3 пунктиром. Проте це перешкоджає проходженню потоку через робочий зазор. При відпусканні всі три варіанти розміщення екрану приблизно рівноцінні, тому що робочий зазор тут малий і розсіювання незначне.

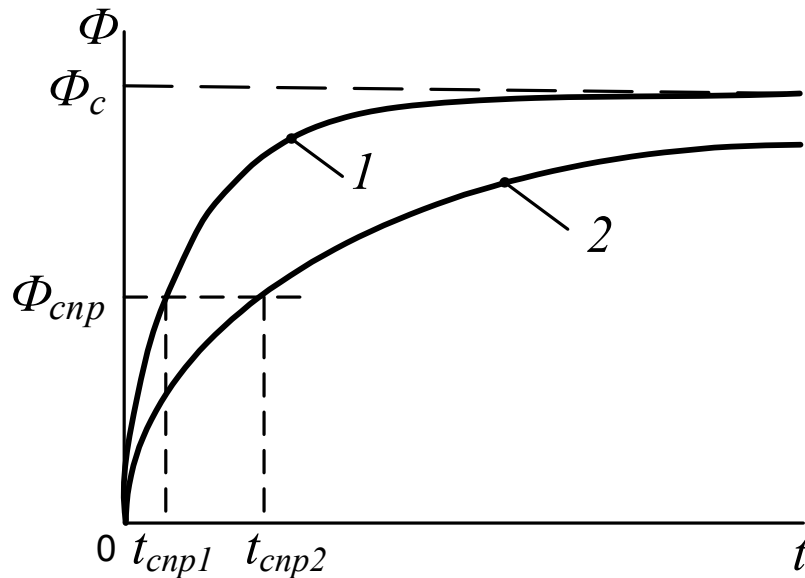


Рис. .2.1- Зміна магнітного потоку при вмиканні електромагніту

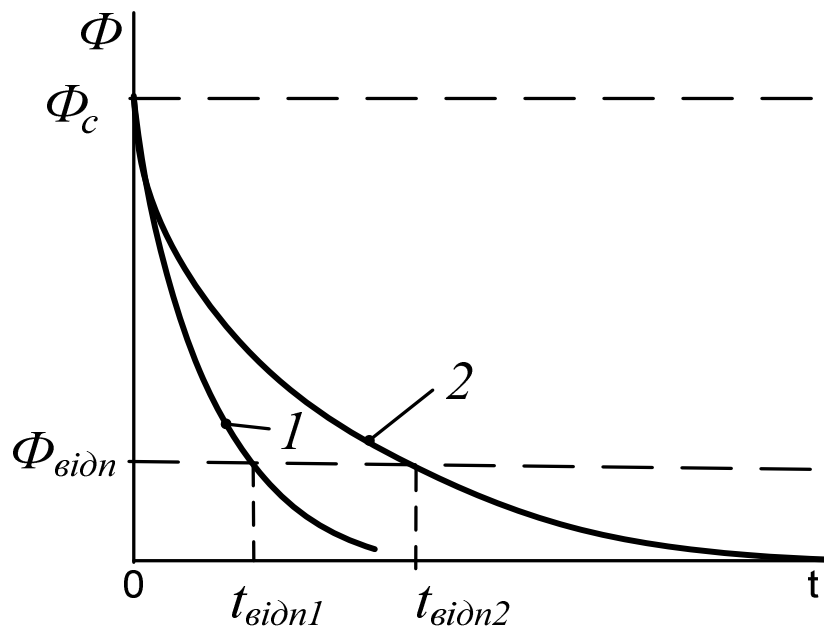


Рис. 2.2- Зміна магнітного потоку при відключенні електромагніту

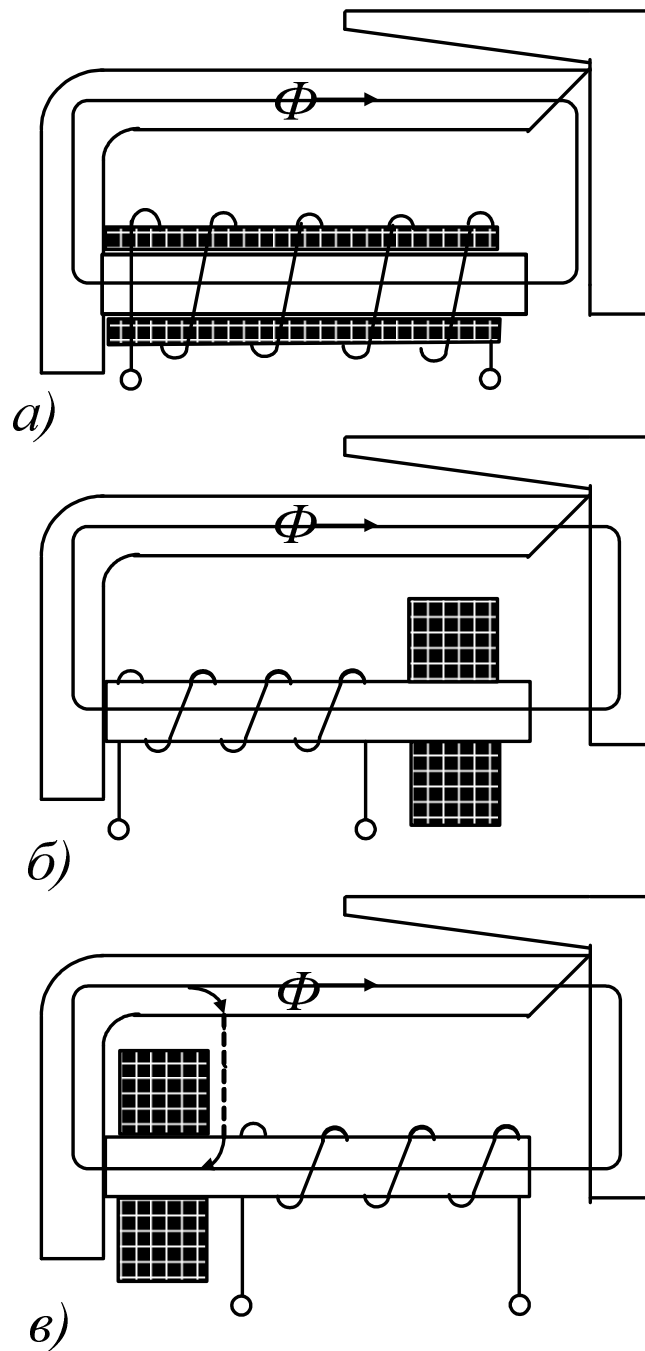


Рис. 2.3- Розміщення екрану на осерді магнітопроводу

Реле часу серії ЭВ з годинниковим механізмом бувають як на постійному, так і на змінному струмі. Будова реле серії ЭВ-120 зображена на рис. 2.4.

При поданні напруги до обмотки 1 якір 2 втягується і звільняє поводок 4 із зубчастим сектором 5. Під дією головної пружини 6 починає обертатися зубчастий сектор 5, валик 7, рухливий контактний місток 16 і фрикційне зчеплення 8. Останнє зв'язує рухливу систему реле з годинниковим механізмом.

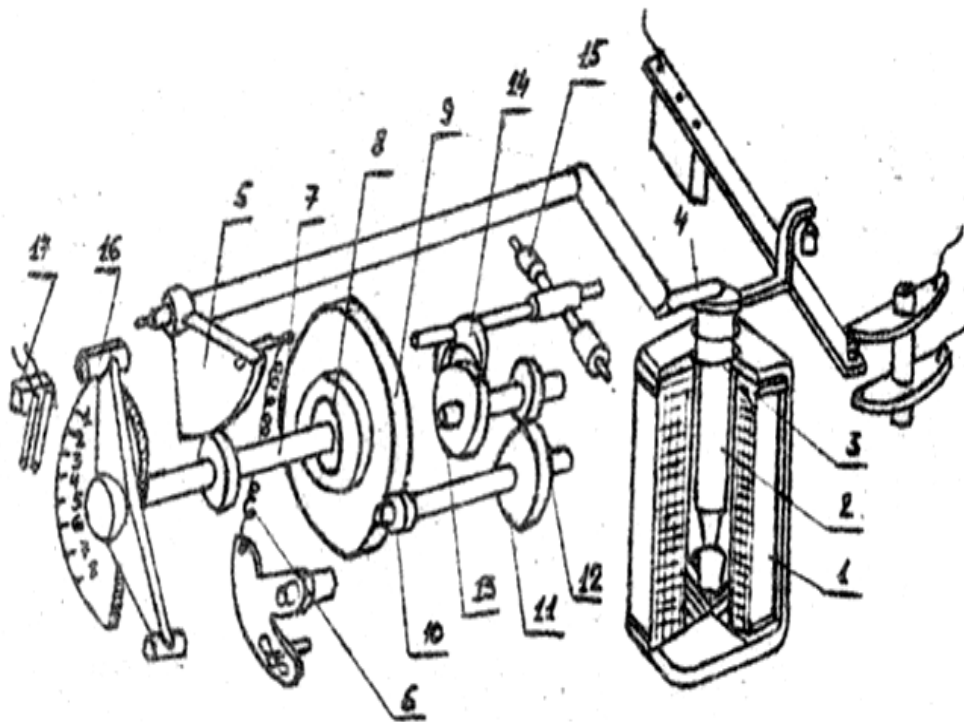


Рис. 2.4- Кінематична схема реле часу з годинниковим механізмом

Через шестерні 9, 10, 11, 12 рух передається на анкерне колесо 13. Швидкість обертання останнього, а отже, і валика 7, обмежується коливальним рухом анкерної скоби 14, що залежить від моменту її інерції, обумовленого грузиками 15. Витримка часу змінюється положенням нерухомого контакту 17. При відпусканні якоря зубчастий сектор 5 і зчеплений з ним валик 7 під дією поворотної пружини 3 повертаються в зворотному напрямку, викликаючи розмикання контактів 17. Завдяки наявності спеціального фрикційного пристрою 8 (обгінної муфти) повернення реле в початкове положення відбувається швидко.

Часто для зміни часових параметрів готових електромагнітів застосовують схемні способи, засновані на зміні тривалості перехідних процесів. Вмикання і відключення електромагнітних механізмів супроводжується перехідними процесами в електричних колах. У ряді випадків вони відіграють істотну роль, визначаючи часові параметри, а також конструктивні особливості того чи іншого механізму.

Для електромагнітного механізму, що являє собою котушку зі сталлю, залежність  $i(t)$  при нерухомому якорі складає експоненту, наведену на рис. 2.5 (крива 1). Після закінчення часу рухання  $t_{рух}$  починається рух якоря. При цьому струм котушки, дещо підвищуючись на початку, потім падає. Після зупинки



якоря значення  $i(t)$  зростає до встановленої величини  $I_y$  з іншою постійною часу. Така зміна струму котушки (рис. 2.5, крива 2) пояснюється тим, що притягання якоря змінює магнітну провідність повітряного зазору, а отже, і індуктивність обмотки.

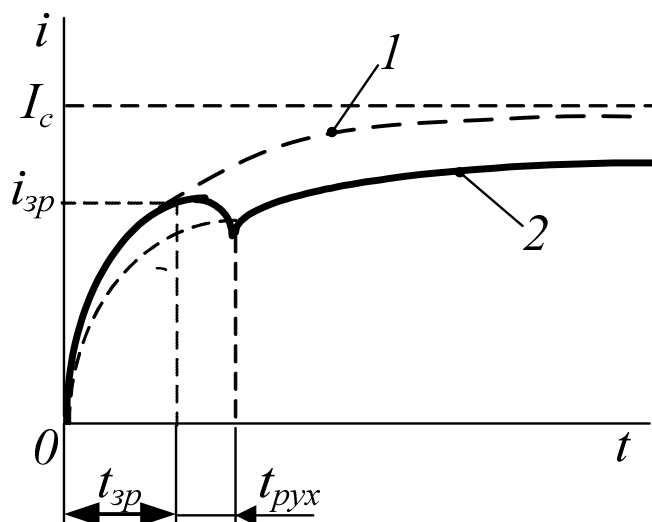


Рис. 2.5– Зміна намагнічуючого струму обмотки при спрацьовуванні

Схемні способи зміни часових параметрів засновані на зміні часу рухання, обумовленого електромагнітною інерцією. На рис. 2.6,а наведена схема вмикання реле для уповільнення при відпусканні. У цьому випадку зменшення струму при відключенні обмотки наводить у ній ЕРС самоіндукції. Струм, що викликається цією ЕРС, буде замикатися в контурі, утвореному резистором і обмоткою. За законом Ленца цей струм буде перешкоджати зменшенню струму в обмотці, збільшуючи тим самим час відпускання.

Недоліком цієї схеми є те, що в резисторі мають місце втрати потужності. Тому краще застосовувати схеми, відтворені на рис. 2.6,б,в. У схемі на рис. 2.6,б сповільнення не буде, тому що діод включений у зворотному напрямку і вплив ЕРС самоіндукції буде незначним.

### 2.3. Завдання

2.3.1. Вивчити конструктивні й схемні способи зміни часових параметрів.

2.3.2. Вивчити принципову електричну схему випробування реле часу (рис. 2.7).

2.3.3. Експериментально визначити вплив розміщення екрану схем вмикання намагнічуючої обмотки реле на час спрацьовування і час відпускання.

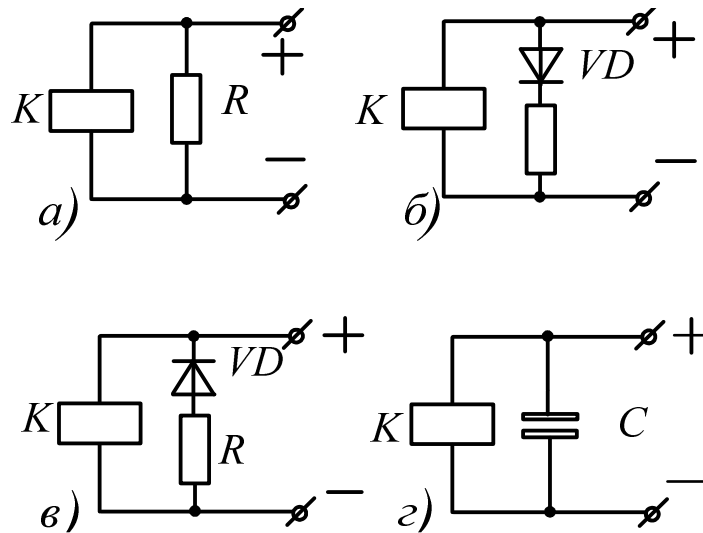


Рис. 2.6- Схема вмикання реле для уповільнення при відпусканні

## 2.4. Порядок виконання роботи

2.4.1. Ознайомитися з конструкцією реле часу й обладнанням робочого місця.

2.4.2. Зібрати робочу схему для проведення досліду (рис. 2.7).

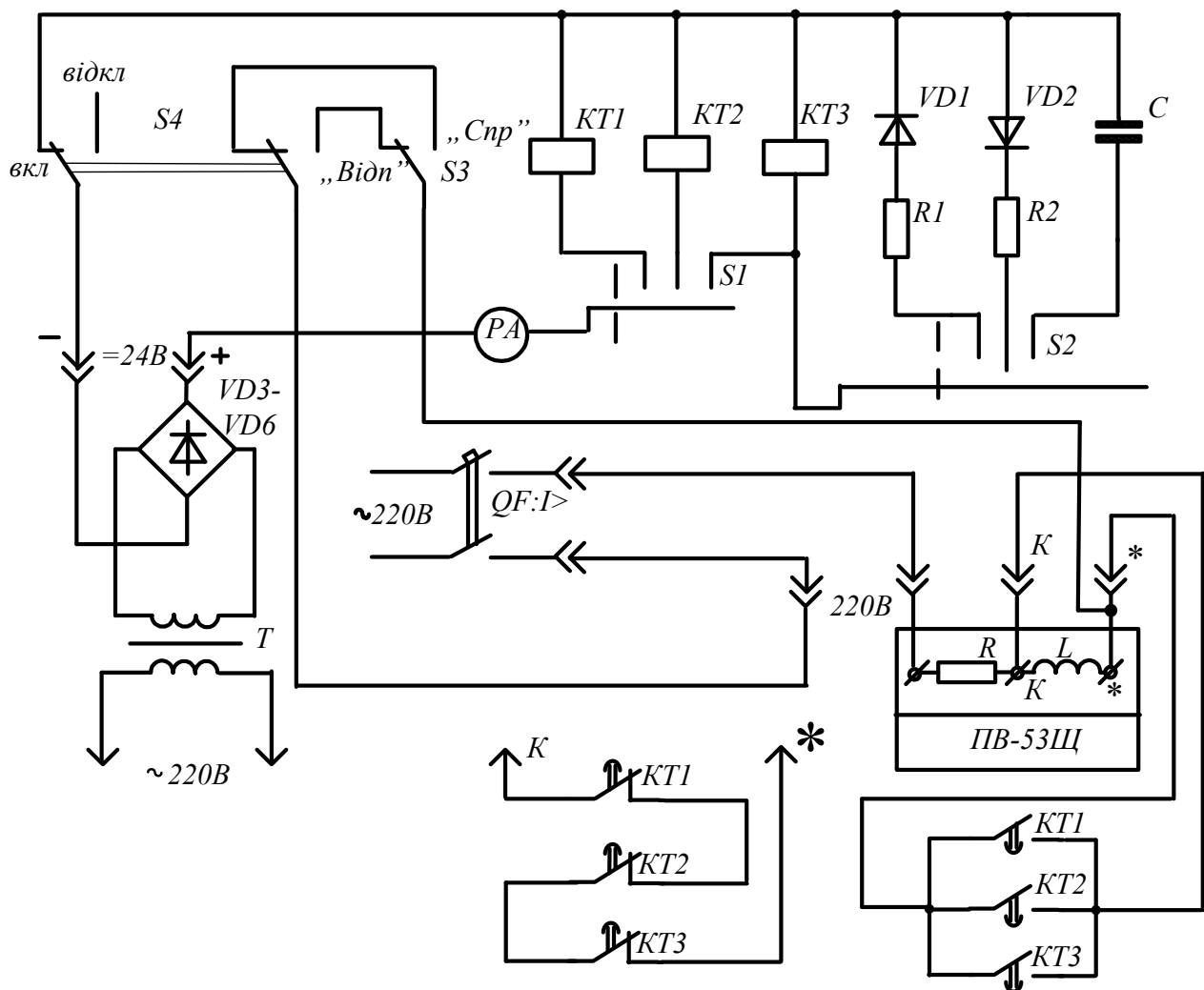


Рис. 2.7- Схема випробування реле

2.4.3. Дослідити вплив розміщення демпфера на час спрацьовування реле.

2.4.3.1. Поставити перемикач S4 у положення “Відключено”.

2.4.3.2. Поставити перемикач S3 у положення “ $t_{спр}$ ”.

2.4.3.3. Поставити перемикач S1 у положення „K1”.

2.4.3.4. Приєднати до електросекундоміра клемами замикаючих контактів реле.

Після перевірки схеми керівником, включити живлення і за електросекундоміром визначити час спрацьовування реле.

Одночасне управління роботою реле і електросекундоміром здійснюють перемикачем S4. Перемикач S1 встановити в положення K2 і аналогічно визначити час спрацьовування реле K2.

2.4.4. Дослідити вплив розміщення демпфера на час відпускання реле.

2.4.4.1. Приєднати до електросекундоміра клемами контактів, що розмикають реле.

2.4.4.2. Поставити перемикач S3 у положення “ $t_{відп}$ ”.

2.4.4.3. Поставити перемикач S4 у положення “Включено”.

2.4.4.4. Включити живлення і заміряти час відпускання, поставивши перемикач S4 у положення “Відключено”. Аналогічно визначити час відпускання реле K2.

Примітка. Перед кожним виміром стрілки електросекундоміра встановлюють у нульове положення. Результати дослідів занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1.

№ реле, витримка часу	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	Схема включення реле		
				б	в	г
$t_{спр}, c$						
$t_{відп}, c$						

2.4.5. Дослідити схемні способи заміру часових параметрів.

2.4.5.1. Поставити перемикач S1 у положення K3.

Зробити вимір часу спрацьовування і часу відпускання реле K3.

2.4.5.2. Як показано в п. 4.3 і 4.4. зробити аналогічні виміри при вмиканні в коло намагнічуючої обмотки за допомогою перемикача П<sub>2</sub> (S2) відповідних елементів.

## 2.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему випробування реле часу (рис. 2.7) ; таблицю 2.1 з результатами дослідів; аналіз отриманих результатів.

## **6. Контрольні питання**

1. Чим характеризуються динамічні властивості електромагнітів?
2. Назвіть головні чинники, що впливають на час спрацьовування і час відпускання електромагнітних реле.
3. Поясніть вплив розміщення демпфера щодо обмотки, яка намагнічує, на час спрацьовування реле.
4. Що називають явищем “залипання” якоря та заходи щодо його запобігання?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОВІТРЯНОГО ВИМИКАЧА ВА1000УЗМ**

#### **3.1. Мета роботи**

Метою роботи є вивчення конструкції і головних характеристик автоматичних вимикачів (автоматів), які застосовують на міському електричному транспорті.

#### **3.2. Описання лабораторної установки**

Лабораторна установка складається з автоматичного вимикача ВА1000УЗМ. Живлення обмоток розклеплювачів автоматів здійснюють від мережі змінного струму напругою 220 В через лабораторні автотрансформатори (ЛАТри) і випрямлячі. Для виміру струму спрацьовування автоматів передбачені амперметри постійного струму.

#### **3.3. Автоматичний вимикач типу ВА1000УЗМ. Загальні відомості.**

Автоматичний повітряний вимикач - це апарат, призначений для автоматичного відключення електричних кіл за ненормального і аварійного режиму роботи, а також для нечастих оперативних переключень за нормального режиму. Повітряним його називають тому, що електричну дугу гасять в середовищі навколишнього повітря на відміну від масляного вимикача, в якому дугу гасять в мастилі. Незалежно від призначення і швидкодії автомат складається з таких головних частин: чутливого органу у вигляді елемента захисту; виконавчого органу у вигляді контактної пристрою; механізму автомата; дугогасильної пристрою; приводу автомата.

Зовнішній вигляд автоматичного вимикача представлений на рис. 3.1.

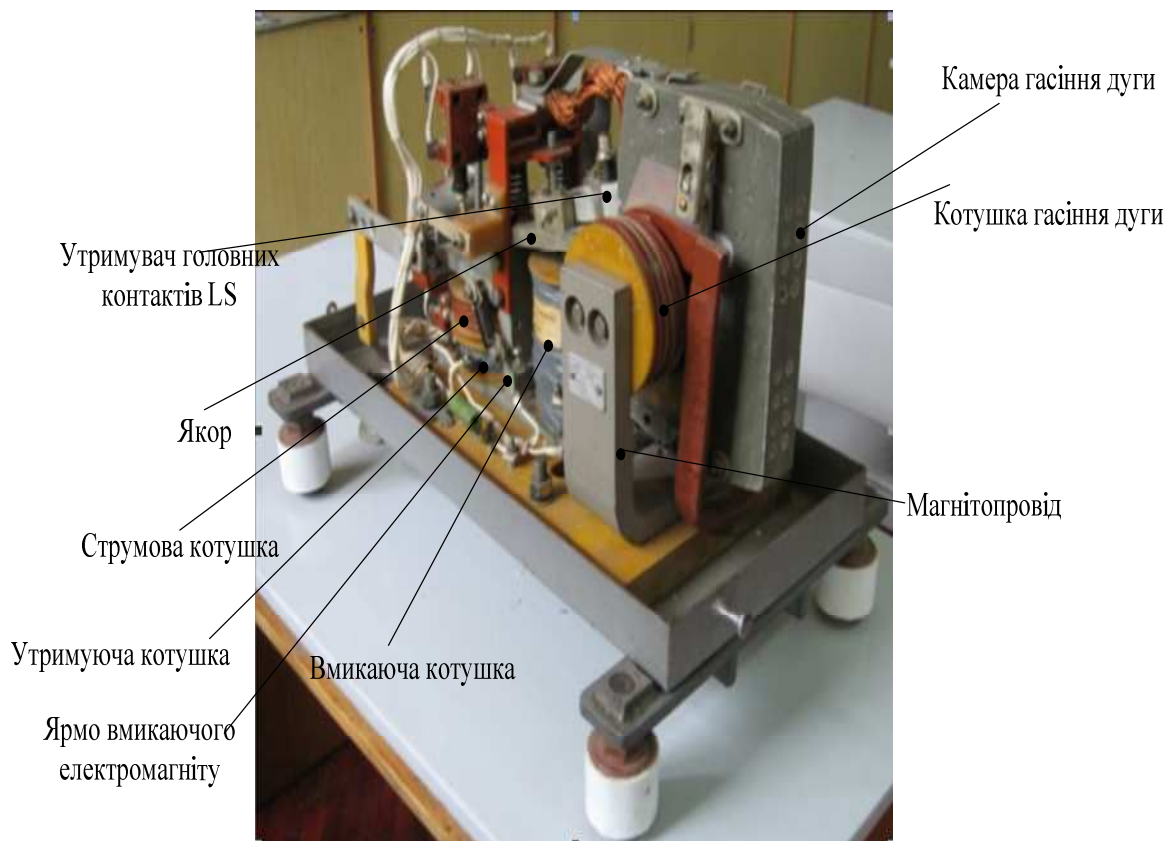


Рис. 3.1. – Автоматичний вимикач ВА1000У3М

Для гасіння електричної дуги в конструкціях автоматів найширшого застосування знайшли дугогасильні камери з вузькими щілинами, магнітне дуття і деіонні решітки.

На сучасних вітчизняних тролейбусах і трамваях для захисту силового кола від перевантажень і коротких замикань застосовують автоматичний вимикач типу ВА1000У3М (рис. 3.1). Вмикання автомата проводять за допомогою електромагніту, котушка якого живиться напругою 24 В.

При протіканні струму через котушку *LS*, що вмикає, (рис. 3.2.) притягується якір, внаслідок чого замикаються контакти контактора *LS*. При відключенні струму через котушку, що вмикає, пружина поверне якір в початкове положення і контакти розімкнуться.

Розмикання автоматичного вимикача відбудеться також при притяганні якоря реле максимального струму *MR* в результаті перевищення струму тяги в котушці зі струмом, яка пов'язана з головними контактами контактора, що при цьому вмикає контакт *MP1*, розірве коло струму через котушку *LS* вимикача, що включає, і відразу після цього якір реле максимального струму, що

притягує, механічно відтягне якір і розімкне контакти контактора *LS*. Одночасно з допомогою контакту *MR2* включається котушка *KM*, яка тримає якір реле максимального струму в притягнутому стані до тих пір, поки коло струму в котушці *KM*, що притримує, не розірветься (рис. 3.2)

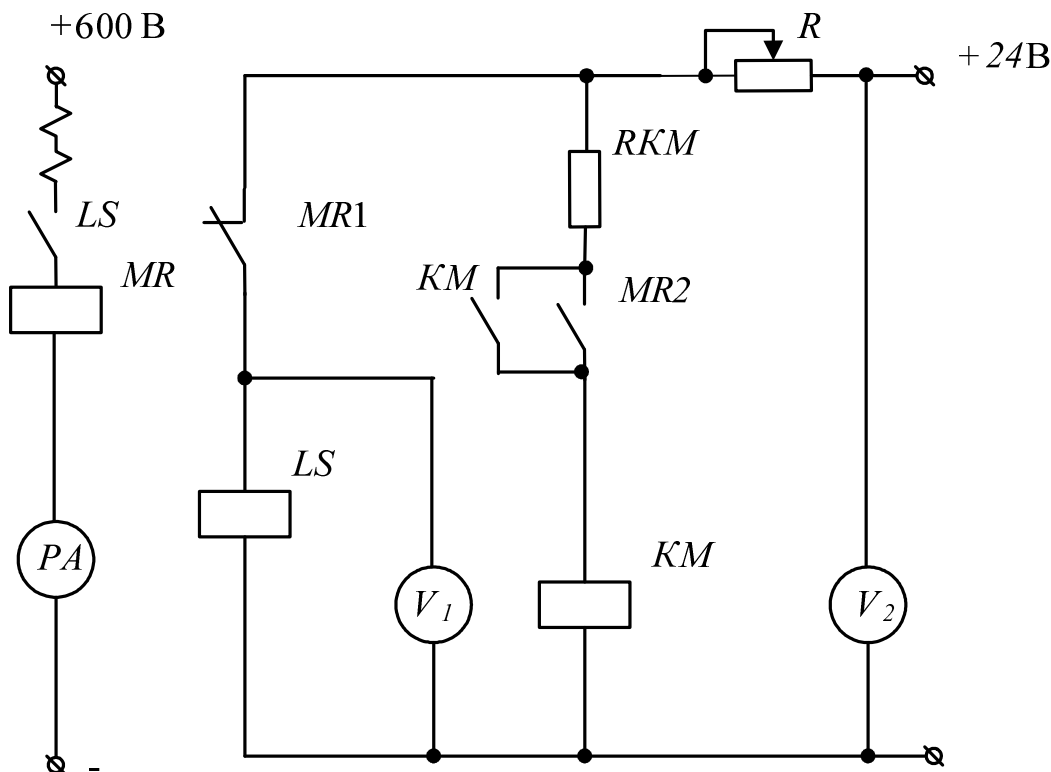


Рис. 3.2 – Схема включення автоматичного вимикача BA1000U3M

### 3.4. Регулювання, випробування і технічне обслуговування.

Техогляд проводять при відключеній напрузі на колі високої і низької напруги.

Після пробігу кожних 3000 км:

необхідно провести візуальний огляд головних і допоміжних контактів; оглядають також камеру, що гасить дугу. При цьому перевіряють замикання головних контактів шляхом притиснення якоря рукою. При цьому хід рухомого контакту повинен бути вільний, без заїдання і зіткнення із стінками камери. Обпалені головні контакти необхідно зачистити надфілем.

Якщо при регулярних техоглядах виявиться великий знос головних контактів або контактних виступів, то їх необхідно замінити на нові. Після заміни головних контактів проводять контроль механічних властивостей – (див. пункт „Регулювання і випробування”).

Після пробігу кожних 150000 км.

- при контрольному техогляді краплею масла намазують держак рухомого контакту, а надмірне масло – досуха витирають;
- при проведенні капітального ремонту після максимально 3-х річної експлуатації;
- прилад демонтують, ретельно ремонтують з необхідною заміною несправних частин;
- після збірки прилад регулюють і випробують.

### **Регулювання і випробування.**

#### ***1. Контроль механічних властивостей головних контактів контактора:***

а) головні контакти повинні стикатися по всій робочій поверхні, а не в одній точці, тобто не повинні бути перекошені і зміщені відносно один до одного;

б) при замиканні рухомий контакт повинен поступово притискатися до нерухомого до повного притиснення;

в) після повного притиснення контактів притискна пружина рухомого контакту повинна дозволити ще невелике розмикання контактів, тобто її витки не повинні бути тісно притиснуті один до одного.

#### ***2. Механічне регулювання головного контактора (LS):*** ***7 мм;***

а) товщина головних контактів зношених ***4,5 мм;***

б) при зіткненні контактів перед їх подальшим притисненням відстань від якоря до краю осердя (край найбільш близький до контакту) для: нових контактів ***–3,5 мм;***

зношених контактів ***–0,5 мм;***

в) відстань між головними контактами ***–20 мм;***

вимірюють за допомогою щупа, що вкладають між контактами;  
регулюють за допомогою напористого гвинта якоря.

г) зусилля притиснення головних контактів ***–50+10 Н***

вимірюють при знятті камери, що гасить дугу, за допомогою підвішеного пружинного динамометра на рухомому контакті в момент звільнення клаптика паперу, вставленого між контактами; зусилля регулюють пружиною рухомого контактора;

д) зусилля підвісної пружини якоря контактора ***–50 Н;***

зусилля притягання двох пружин складає ***–2 x 50 Н;***

кожну пружину вимірюють шляхом підвіски динамометра при звільненні підвіски приблизно на 0,5 мм;

е) допоміжні контакти контакторів регулюють таким чином:

відстань коробки допоміжних контактів до якоря (при замкнутих допоміжних контактах) складає 1 мм;

вимірюють шляхом вкладання щупа між коробкою допоміжних контактів і протилежною частиною притиснутого якоря. Регулювання проводять шляхом переміщення коробки допоміжних контактів в настановних пазах.

### **3. Механічне регулювання реле максимального струму (MR):**

а) зусилля підвісної пружини якоря –50 Н;

регулюють як і в п. 2 д;

б) відстань вимкненого якоря МР до краю осердя (у найбільш широкому місці) –5 мм;

вимірюють шляхом вкладання стрижня 0,5 мм. Регулюється за допомогою гайок сердечнику;

в) допоміжні контакти регулюють як і в п. 2.е).

г) гайку на тязі якоря MR регулюють так, щоб вони стикалися з якорем LS відразу після розмикання допоміжного нерухомого контакту MR.

### **4. Електричне регулювання:**

а) зусилля пружин якоря контактора, що притягують, регулюють гвинтами так, щоб якір притягнувся за напругою на котушці 13 В.

б) струмова й притримуюча котушки MR повинні мати однакову полярність. Реле повинне спрацювати за струму 120 А в головному ланцюзі контактора і при включенні котушки, що притримує, з обмежуючим опором 6,5 Ом на напругу 16,8 В;

в) зусилля пружини якоря MR встановлюють гвинтом 13 так, щоб якір притягнувся і розімкнув контактор LS при 350 А+5%.

### **5. Випробування активного опору котушок.**

Опір котушки LS, що включає, або котушки MR, що притримує, вимірюють омметром за температури 20°C. У разі іншої температури навколишнього середовища зміряне значення перераховують на 20°C. Якщо активний опір відрізняється більше, ніж на +10% від встановленого значення, котушку необхідно замінити. Після заміни котушки проводять регулювання поворотних пружин якоря LS або MR.



## 6. Випробування опору ізоляції:

проводять індуктором з напругою 1000 В; вимірюють опір ізоляції кола високої напруги (головні контакти замикаються) відносно корпусу і кіл низької напруги. Зміряне значення повинне перевищувати 0,6 МОм.

### 3.5. Завдання

3.5.1. Вивчити конструкцію автоматичного вимикача типу ВА1000УЗМ.

3.5.2. Вивчити електричну схему випробування автоматів.

3.5.3. Зняти й побудувати залежність струму спрацьовування  $I_{спр}$  від сили натягу змінних регульовальних пружин.

3.5.4. Порядок виконання роботи:

3.5.4.1. вивчити конструкцію і принцип дії автомата, ознайомитися з обладнанням робочого місця.

3.5.4.2. провести вручну вмикання й відключення автомата, спостерігаючи його роботу;

3.5.4.3. зібрати схему випробування автоматів (рис. 3.3);

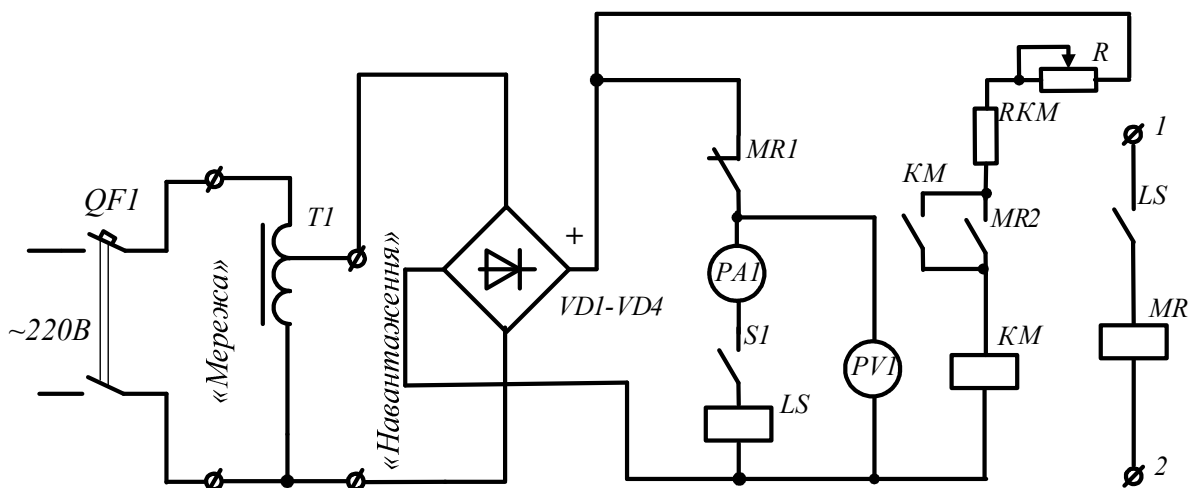


Рис. 3.3 – Схема випробування автоматичного вимикача ВА1000УЗМ.

3.5.4.4. встановити пружину №1, яка дає найменше зусилля;

3.5.4.5. включити тумблер  $S1$ ;

3.5.4.6. включити автоматичний вимикач  $QF1$ . Плавню обертаючи ручку ЛАТРа  $TV1$ , подати на обмотку  $LS$  напругу 24 В і включити контакти  $LS$ ;

3.5.4.7. включити автоматичний вимикач  $QF1$ ;

3.5.4.8. плавню обертаючи ручку ЛАТРа  $TV1$ , подати на обмотку  $MR$  напругу;

3.5.4.9. збільшити струм за допомогою ЛАТРа  $T1$  до моменту спрацьовування автоматичного вимикача. Результати дослідів занести до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідів і заміри

№ пружини	1	2	3	4	5	6
Сила натягу пружини $Q_m$ , Н	20	40	80	100	120	140
Струм спрацьовування $I_{спр}$ дослідний, А						

3.5.4.10. включити стенд за допомогою автоматичного вимикача  $QF1$ ;

3.5.4.11. за допомогою ЛАТРу  $T1$ , плавно збільшуючи струм у обмотці, що вмикає, (рис. 3.3);

3.5.4.12. встановити наступну пружину і знову збільшуючи струм за допомогою ЛАТРу  $T1$ , визначити струм спрацьовування  $I_{спр}$ , за яким відбудеться відключення автомата. Після цього вивести ручку ЛАТРа, в нульове положення. Вказані операції проробити декілька разів, здійснюючи встановлення наступної пружини. Дані дослідів занести у табл. 3.1.

3.5.4.13. відключити стенд за допомогою автоматичного вимикача  $QF1$ ;

3.5.4.14. встановити ручку ЛАТРу  $TV1$  у крайнє ліве положення;

3.5.4.15. відключити тумблер  $S1$  ;

3.5.4.16. встановити за допомогою  $TV1$  напругу живлення, (табл. 3.2);

3.5.4.17. включити тумблер  $S1$ ;

3.5.4.18. відмітити спрацьовування автоматичного вимикача ВА1000УЗМ і зняти показання амперметра  $PA1$ . Занести показання до табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Напруга живлення котушки $LS, B$	24	22	20	18	...	12
Струм спрацьовування $I_{спр}$ дослідний, А						

### 3.6. Зміст звіту:

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему випробування автомату ВА1000УЗМ (рис. 3.3); табл. 3.1, що має результати дослідів і заміри; графіки залежності  $I_{спр.д} = f(Q_{np})$ , побудовані за даними табл. 3.1.; аналіз отриманих результатів.

### **3.7. Контрольні питання**

1. Призначення автоматичного вимикача ВА1000УЗМ.
2. Призначення електромагнітного розчіплювача автоматів.
3. Призначення сталевих полюсів дугогасної камери.
4. Що таке „магнітне дуття”? Як воно здійснюється в автоматах?
5. Чим відрізняються контактори від автоматичних вимикачів?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ АВ-8 і 2НА**

#### **4.1. Мета роботи**

Метою роботи є вивчення конструкції і головних характеристик автоматичних вимикачів "(автоматів), які застосовують на міському електричному транспорті.

#### **4.2. Загальні відомості та описання лабораторної установки**

Автоматичний повітряний вимикач - це апарат, призначений для автоматичного відключення електричних кіл при ненормальних і аварійних режимах роботи, а також для нечастих оперативних переключень при нормальному режимі. Повітряним його називають тому, що електричну дугу гасять в середовищі навколишнього повітря на відміну від масляного вимикача, в якому дугу гасять в мастилі. Незалежно від призначення і швидкодії автомат складається з таких головних частин: чутливого органу у вигляді елемента захисту; виконавчого органу у вигляді контактної пристрою; механізму автомата; дугогасильної пристрою; приводу автомата.

Лабораторна установка містить три автоматичних вимикача АВ-8А, 2НА "Шкода". Живлення обмоток розчіплювачів автоматів здійснюють від мережі змінного струму напругою 220 В через лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) і випрямляч. Для виміру струму спрацьовування автоматів передбачений амперметр постійного струму.

В автоматах, що задіяні в цій роботі заводські котушки замінені лабораторними. Намагнічуючі сили котушок дорівнюють заводським, але

лабораторна котушка має більше число витків і розрахована на менший струм.

Функціональну схему автоматів можна подати у вигляді, що зображений на рис. 4.1. Принципове розходження автоматів полягає в наявності елементів захисту, що в автоматах називають розчіплювачами. На рис. 4.1 відтворені чотири розчіплювача відповідно до ненормальних режимів роботи електричних кіл: максимального струму; мінімального струму; мінімальної напруги; максимальної напруги, зворотного струму.

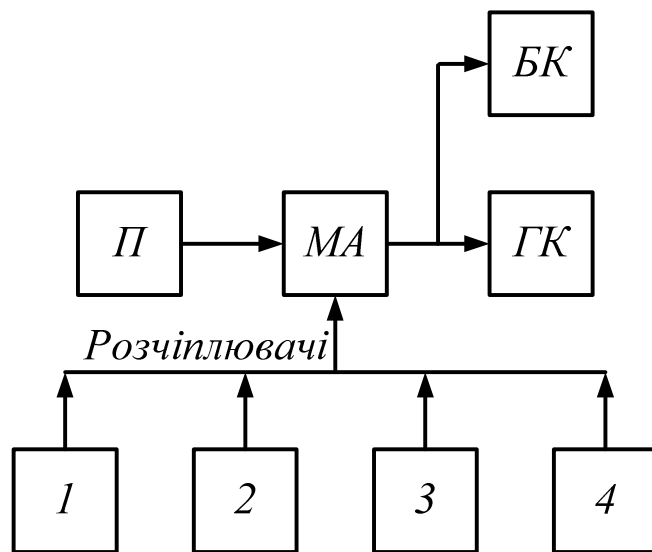


Рис. 4.1 – Функціональна схема автоматичних вимикачів

Найбільше поширення в автоматах одержали електромагнітні і теплові розчіплювачі. Головним елементом в останніх є біметалічна пластина.

Механізм автомата (МА) здійснює зв'язок розчіплювачів і приводу (П) з головним (ГК) і блокувальним контактами (БК), утримуючи їх у замкнутому стані, і забезпечує швидкість розбіжності контактів, необхідну для гасіння дуги.

Складовою частиною кінематики більшості автоматів є механізм вільного розчіплювання, що не допускає утримування автомата включеним за аварійного режиму. У різних конструкціях автоматів вільне розчіплювання забезпечують за допомогою зламних важелів або механізму з клямкою.

На рис. 4.2 показана схема механізму вільного розчіплювання, що виконе у вигляді шарнірно – зв'язаних зламних важелів 3. При вмиканні шарнір 4 знаходиться нижче мертвого положення прямої, що з'єднує шарніри 5 і 2, і нижче опуститися не може. При повороті ручки 6 проти годинникової стрілки контакти 1 замикаються. Якщо струм перевищить струм уставки, якір розчіплювача 7 переміститься вгору, шарнір 4 виявиться вище прямої, що з'єднує шарніри 2 і 5, і контакти 1 розімкнуться незалежно від положення

ручки 6. На такому принципі зламних важелів виконані механізми вільного розчіплювання в автоматах типу АП і А-3ІО0, що застосовують на тягових підстанціях в колах змінного струму.

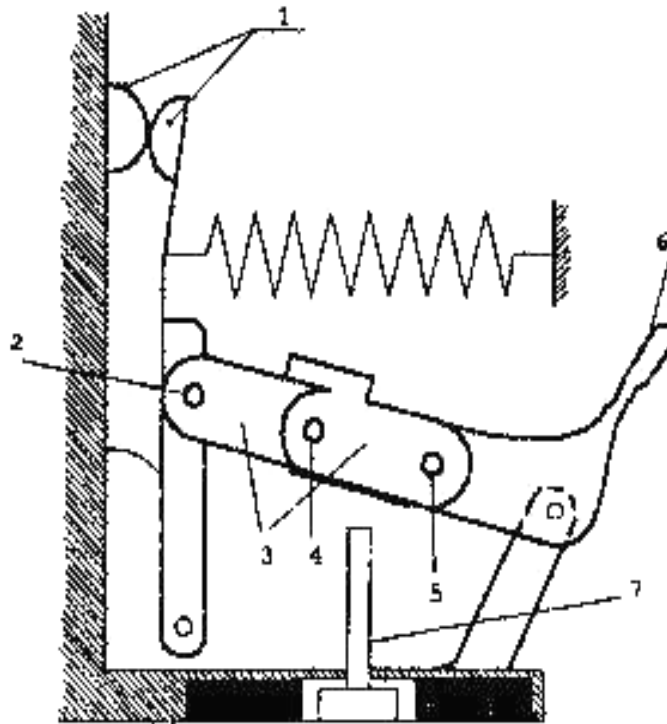


Рис. 4.2 – Механізм вільного розчіплювання

Для гасіння електричної дуги в конструкціях автоматів найбільше застосування знайшли дугогасильні камери з вузькими щілинами, магнітне дуття і деіонні ґрати.

#### 4.2.1. Автоматичний вимикач типу АВ-8А-1.

На вітчизняних тролейбусах і трамвайних вагонах для захисту силового кола від перевантажень і коротких замикань застосовують автоматичний вимикач типу АВ-8А-1 (рис. 4.3). Вмикання автомата проводять поворотом ручки 9 проти годинникової стрілки (вліво). При цьому відбувається замикання контактів: рухомого 13 і нерухомого 12. Валик 7 контактної важеля 11 заводять під клямку 6, чим фіксується замкнуте положення контакту. Пружина 10, що відключає, впираючись у контактний важіль, стискується. Якщо крізь котушку електромагнітного розчіплювача 4 проходить струм, що перевищує струм уставки автомата, то тягове зусилля буде більше сили опору регульованої пружини 2 і яр 3 притягнеться до полюсного осердя електромагніта. Уставка струму спрацьовування автомата регулюється натягом пружини 2. При переміщенні яр 3 своїм виступом 5 ударяє по клямці 6, що звільняє контактний

важіль 11. Під дією пружини 10 відбувається розмикання контактів: рухомого 13 і нерухомого 12 і тим самим здійснюють розрив силового кола.

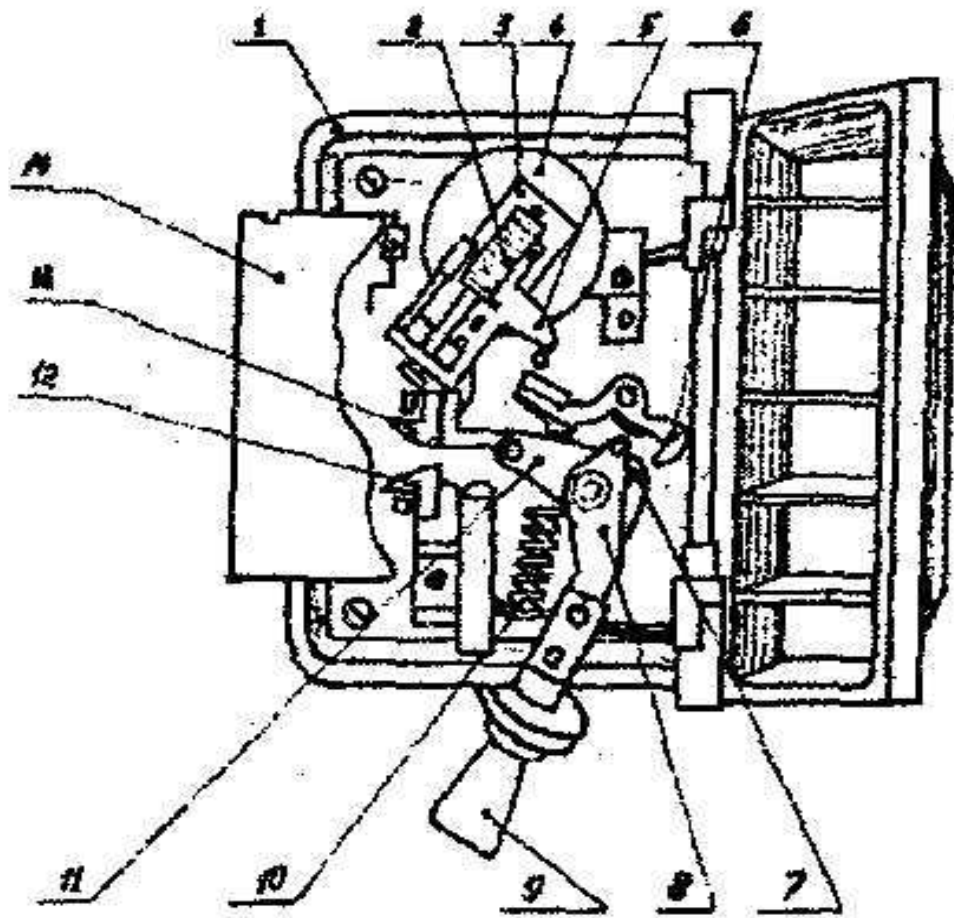


Рис. 4.3 – Автоматичний вимикач АВ-8А-І

Ручне управління при включенні автомата здійснюють поворотом ручки 9 за годинниковою стрілкою (вліво). Спочатку повертається проміжний важіль 8, який своїм верхнім виступом відводить клямку 6 і валик 7 звільняється. Під дією пружини 10 відбувається розмикання головних контактів.

Для гасіння дуги, що виникла при розмиканні контактів, в автоматі є дугогасна камера 14, яка виконана з азбоцементу. Магнітне дуття, що спрямовує дугу в камеру, забезпечується вправленими в стінки камери сталевими полюсами. Магнітне поле розчіплювача створюється силою обмотки, що намагнічує.

Усі деталі автомата змонтовані в пластмасовому корпусі 1 із кришкою.

### Автоматичний вимикач 2НА "Шкода".

Кінематична схема автомата 2НА "Шкода" наведена на рис. 4.4. Автомат включають поворотом ручки 6 проти годинникової стрілки.

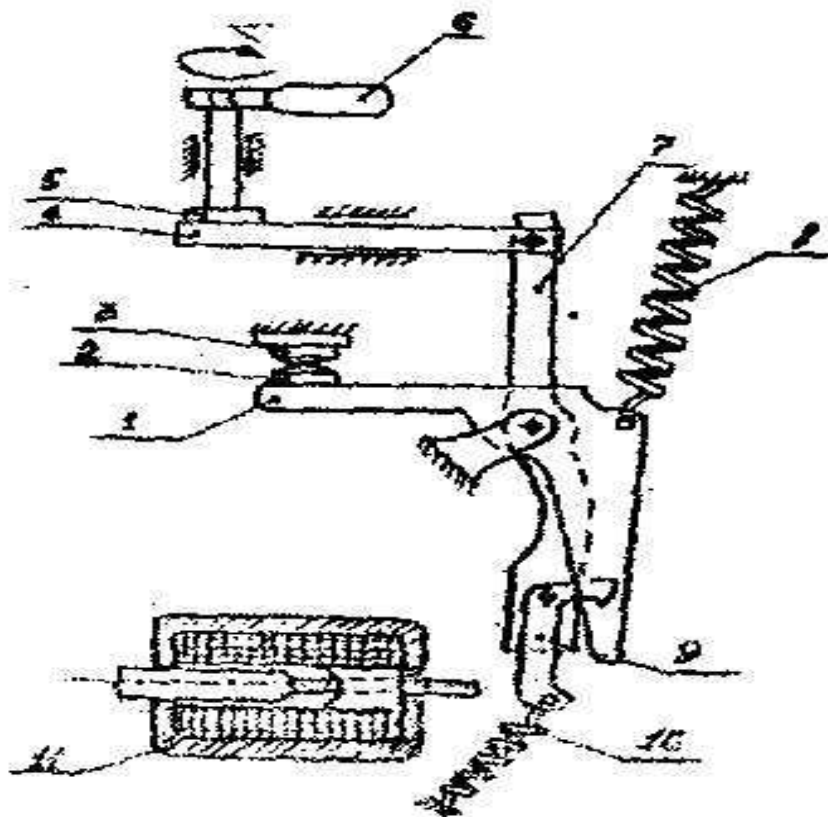


Рис. 4.4 – Кінематична схема автомата 2НА "Шкода"

При цьому тяга 4 під дією ексцентрика 5 переміститься вправо. Проміжний важіль 7 і контактний важіль 1, зчіплює між собою клямкою 9, повернуться за годинниковою стрілкою і відбудеться замикання силових контактів – нерухомого 3 і рухомого 2. Утримуюча пружина 10 забезпечує фіксацію зчеплення важелів 7 і 1. При проходженні струму котушкою електромагнітного розчіплювача 11 (що намагнічує), який перевищує струм уставки автомата, тягове зусилля буде більше протидіючих сил регулювальних пружин і якір втягується в котушку. Своїм вільним кінцем він ударяє по клямці 9 і звільняє контактний важіль 1. Під дією пружини 8, яка відключає, відбувається розмикання силових контактів 2 і 3. Неважко бачити, що відключення відбудеться також у випадку, коли утримувати ручку у включеному стані, оскільки автомат має механізм вільного розчіплювання клямкового типу.

Відключення автомата вручну здійснюють поворотом ручки 6 за годинниковою стрілкою.

Гасіння дуги при розмиканні контактів в автоматі забезпечується дугогасною камерою з магнітним дуттям, магнітне поле якого створюється намагнічуючою обмоткою розчіплювача.

#### 4.3. Завдання

- 4.3.1. Вивчити конструкцію автоматів типу *AB-8A-1* і *2HA* "Шкода".
- 4.3.2. Вивчити електричну схему випробування автоматів.
- 4.3.3. Зняти і побудувати залежність струму спрацьовування  $I_{спр}$  від сили натягу регулювальних пружин  $Q_{пр}$  автоматів *AB-8A (QF2)*-1 і *2HA (QF3)*.

#### 4.4. Порядок виконання роботи

##### Автомат *AB-8A-1*.

- 4.4.1. Вивчити конструкцію і принцип дії автомата, ознайомитися з обладнанням робочого місця.
- 4.4.2. Провести вручну вмикання і відключення автомата, спостерігаючи його роботу.
- 4.4.3. Зібрати схему випробування автоматів (рис. 4.5).

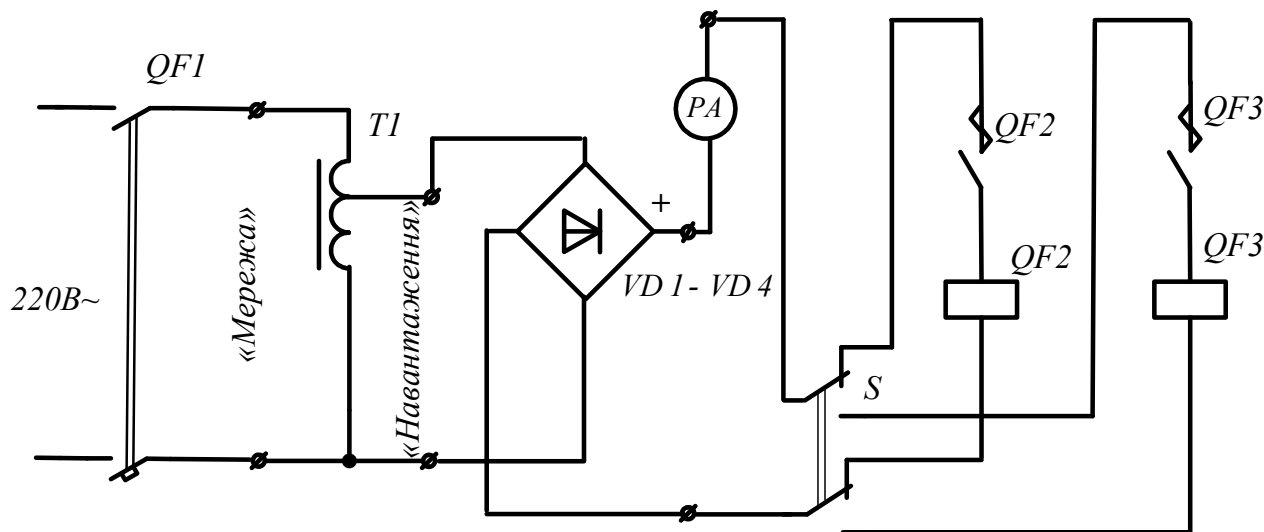


Рис. 4.5- Схема випробування автоматичних вимикачів

- 4.4.4. Вивести регулювальним гвинтом натяг пружини 2 (рис. 4.3) до нульового положення.
- 4.4.5. Поставити перемикач *S* в положення "*AB-8A-1*" і включити автоматичний вимикач *QF1*. Плавнo обертаючи ручку ЛАТРа, вивести його до нульового положення.
- 4.4.6. Повернути регулювальний гвинт натягу пружини 2 (рис. 4.3) на два оберти і знову, збільшуючи струм, визначити струм спрацьовування  $I_{спр}$ , при



якому відбудеться відключення автомата. Після цього вивести ручку ЛАТРа в нульове положення. Результати дослідів занести до табл. 4.1.

Вказані операції проробити декілька разів, здійснюючи в кожному досліді поворот регулювального гвинта на два оберти.

Таблиця 4.1

Число оборотів гвинта	2	4	6	8	10	12
Сила натягу пружини $Q_{np}$ , Н	10	20	30	40	50	60
Струм спрацьовування дослідний $I_{спрд}$ , А						
Струм спрацьовування дійсний $I_{спр}$ , А*						

\*При заповненні графі 4 вважати, що струм І А лабораторної котушки відповідає 70 А заводської котушки.

#### Автомат 2НА "Шкода".

Проробити операції, вказані в пунктах 4.4.1 – 4.4.6, з автоматом 2НА.

Результати дослідів записати до табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Число оборотів гвинта	2	4	6	8	10	12
Сила натягу пружини $Q_{np}$ , Н	5	10	15	20	25	30
Струм спрацьовування дослідний $I_{спрд}$ , А						
Струм спрацьовування дійсний $I_{спр}$ , А*						

Примітки: \*При заповненні графі 4 вважати, що струм І А лабораторної котушки відповідає 100 А заводської котушки. При заповненні графі 2 табл. 4.2 вважати, що два оберти гвинта відповідають силі натягу регулювальних пружин  $Q_{np}=5$  Н.

#### 4.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему випробування автоматів (рис. 4.5); табл. 4.1 і 4.2, що мають результати дослідів і заміри; графіки залежності струму спрацьовування  $I_{спр}$  від натягу пружини  $I_{спр} = f(Q_{np})$ , побудовані за даними табл. 4.1 і 4.2; аналіз отриманих результатів.

#### 4.6. Контрольні питання

1. Призначення механізму вільного розчіплювання.
2. Призначення електромагнітного розчіплювача автоматів.
3. Призначення сталевих полюсів дугогасної камери.
4. Що таке магнітне дуття та як воно здійснюється в автоматах?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОТАКТНОГО МАГНІТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

#### 5.1. Мета роботи

Метою роботи є вивчення конструкції магнітних підсилювачів, дослідження впливу зміщення й зворотного зв'язку на його регульовальну характеристику.

#### 5.2. Загальні відомості і описання лабораторної установки

Лабораторна установка складається з тороїдного магнітного підсилювача, випрямляча для створення зовнішнього зворотного зв'язку, блоку живлення обмоток зміщення і управління підсилювача і відповідної вимірювальної апаратури. Живлення робочих обмоток і навантаження здійснюють від мережі змінного струму напругою 220 В. Зміну величини струму в колах управління і зміщення проводять резисторами  $R_{уп}$  та  $R_{зм}$ , зібраними за схемою потенціометра, Зміну полярності струму цих кіл проводять відповідно двохполюсними перемикачами  $S_1$  і  $S_2$  із середньою точкою. Вмикання і відключення зворотного зв'язку здійснюють перемикачем  $S_3$ .

Магнітний підсилювач (МП) являє собою статичний електромагнітний апарат, у якому посилення сигналу відбувається за рахунок зовнішнього джерела енергії за допомогою керованого індуктивного опору робочої обмотки.

Фізичну картину процесів у МП, як і в інших електромагнітних пристроях, визначають залежністю між електричними величинами і зміною магнітного стану осердя. Розглянемо замкнутий магнітопровід (рис. 5.1),

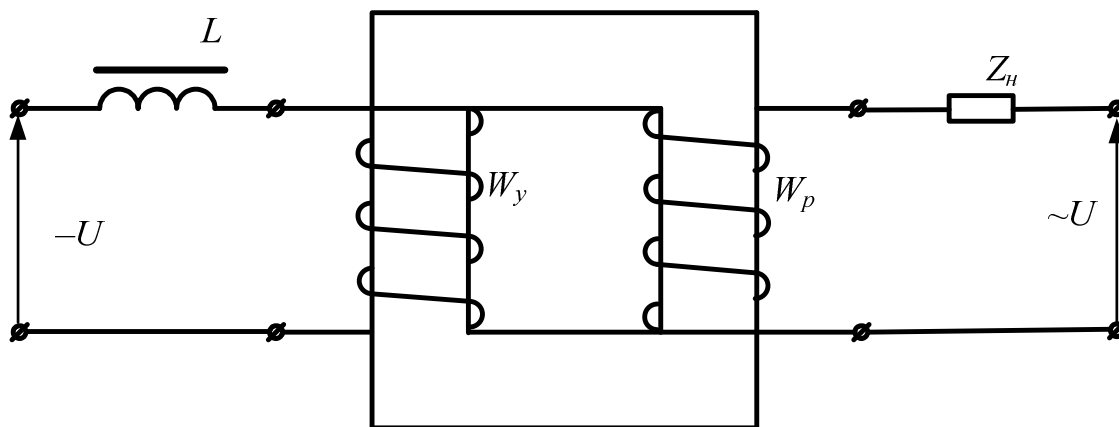


Рис. 5.1 - Найпростіший магнітний підсилювач

на якому розташовані дві обмотки – робоча з числом витків  $W_p$  і обмотка управління з числом витків  $W_y$ . Робочу обмотку включають в коло змінного струму послідовно з опором навантаження  $Z_n$ . Індуктивний опір робочої обмотки

$$x_p = \omega * L_p = \omega * W_p * \frac{S}{l} * \mu,$$

тут  $\omega = 2 * \pi * f$  – частота змінного струму;  $S, l$  – відповідно переріз і довжина магнітопроводу;  $\mu$  – магнітна проникність.

При незмінних конструктивних параметрах  $W_p, S$  і  $l$  індуктивний опір робочої обмотки є функцією магнітної проникності  $\mu$  матеріалу осердя. Зміни в широких межах магнітної проникності досягають підмагнічуванням осердя постійним струмом, що протікає обмоткою управління. Струм у колі навантаження, включеного послідовно з робочою обмоткою, буде

$$I_n = \frac{U_{cp}}{Z_n} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{(R_n + R_p)^2 + (x_n + x_p)^2}},$$

де  $U_{cp}$  – середнє значення напруги мережі;  $R_p, x_p$  – активний та індуктивний опори робочої обмотки;  $R_n, x_n$  – активний та індуктивний опори навантаження.

Отже, змінюючи струм у колі обмотки управління, можна управляти величиною струму навантаження.

Головною характеристикою магнітного підсилювача є залежність струму навантаження від струму управління, що має назву регулювальної або характеристики “вхід-вихід”. На рис. 5.2 наведені залежності  $\mu = f(I_y)$  і  $I_n = f(I_y)$ , що симетричні відносно осі ординат.

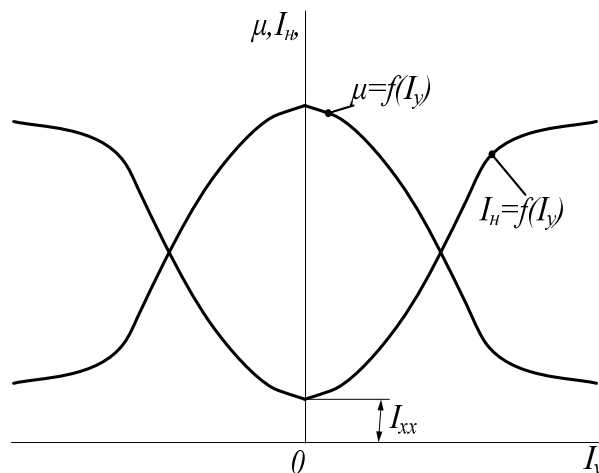


Рис. 5.2- Залежності магнітної проникності і струму навантаження від струму управління.

Це пояснюється тим, що головна крива намагнічування симетрична щодо початку координат і при зміні полярності керуючого сигналу ні фаза, ні величина струму навантаження не змінюються. Підсилювачі, що володіють такою характеристикою, одержали назву одноканальних.

Найбільш зручна лінійна частина характеристики, при якій у великій зоні зміни  $I_y$  рівним збільшенням струму управління відповідають рівні збільшення струму навантаження. Відношення цих збільшень на регульовальній характеристиці називається коефіцієнтом підсилення по струму

$$K_i = \Delta I_n / \Delta I_y.$$

Приведена вище найпростіша схема МП практично не застосовується, тому що має два істотних недоліки. По-перше, в обмотці управління буде наводитися достатньо велика змінна ЕРС, по-друге, струм навантаження буде не синусоїдальним.

Найбільше поширення дістали МП, виконані на двох осердях із загальною обмоткою управління (рис. 5.3,а) і на III – подібному осердді (рис. 5.3, б).

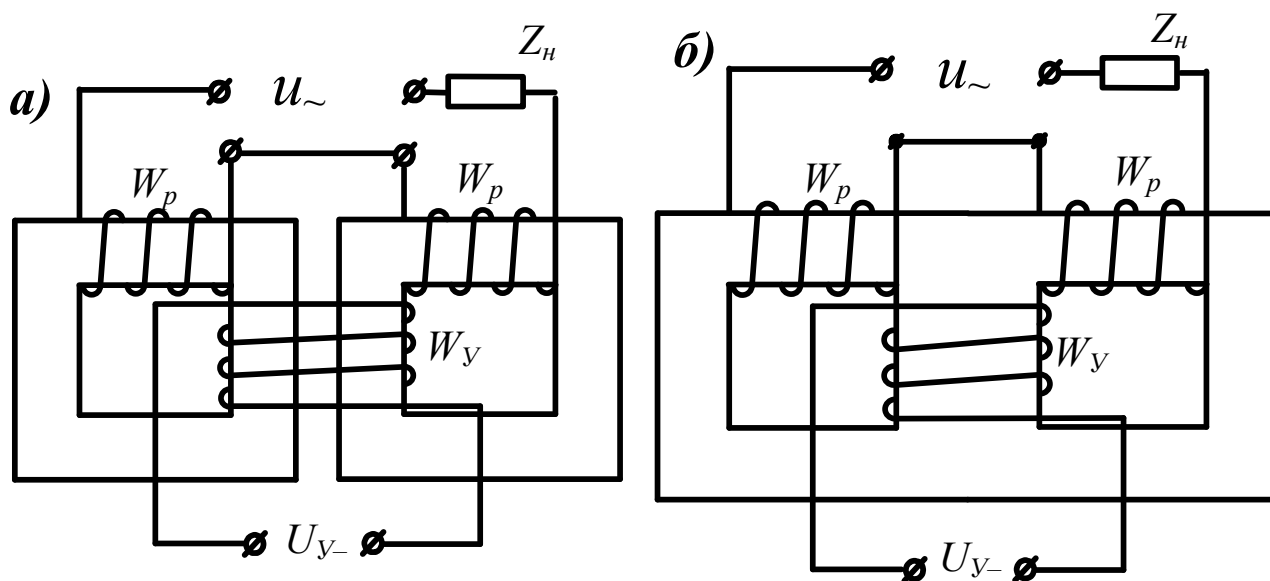


Рис. 5.3 – Магнітні підсилювачі на двох осердях із загальною обмоткою управління (а) і III – подібним осердям (б).

У цьому випадку при зустрічному вмиканні робочих обмоток результируючий магнітний потік головний і всіх непарних гармонік, що пронизують обмотку управління, буде дорівнювати нулю і ЕРС в ній наводитися не буде.

Широке застосування в МП знайшли тороїдні осердя (рис. 5.4). У таких підсилювачах обмотки розподіляються рівномірно по всьому периметру осердя. Для зміни коефіцієнта підсилення в МП вводять зворотний зв'язок, призначений для посилення або ослаблення дії вхідного сигналу.

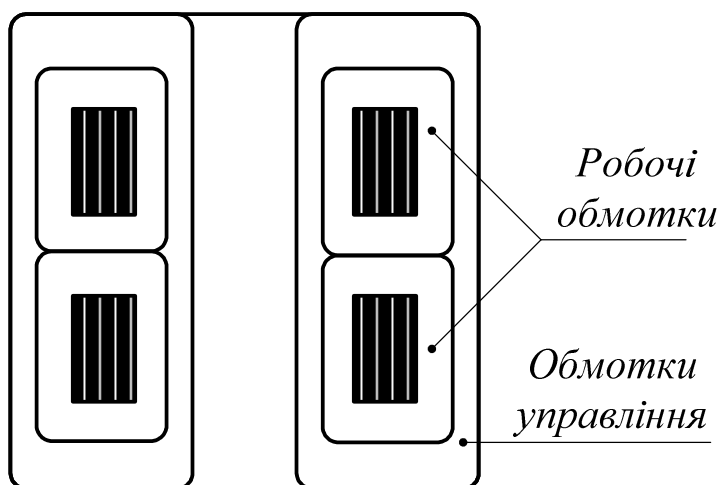


Рис. 5.4- Розташування обмоток МП на тороїдальних осердях.

На рис. 5.5 подана схема МП із зовнішнім зворотним зв'язком по струму, що виконується за допомогою спеціальної обмотки з числом витків  $W_{oz}$ , розміщеної там же, де й обмотка управління, і включеної послідовно з навантаженням через випрямляч.

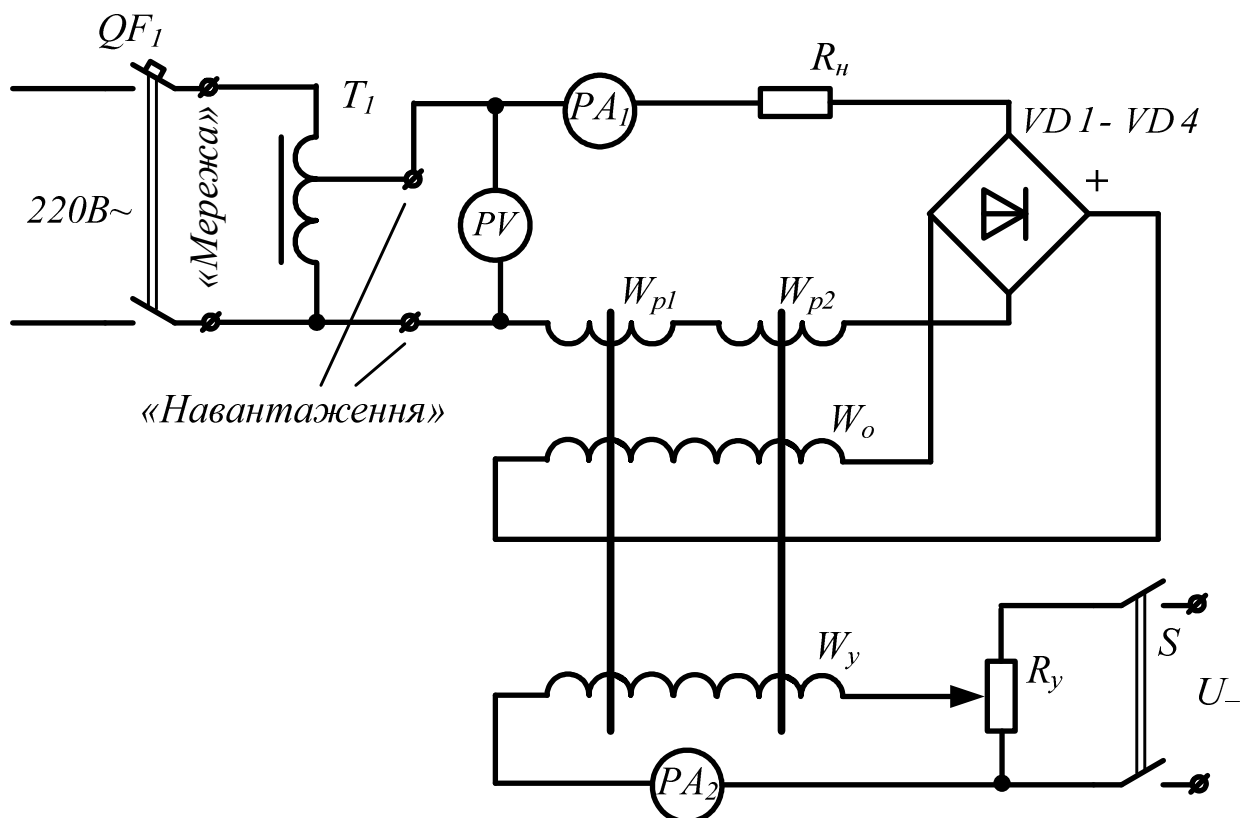
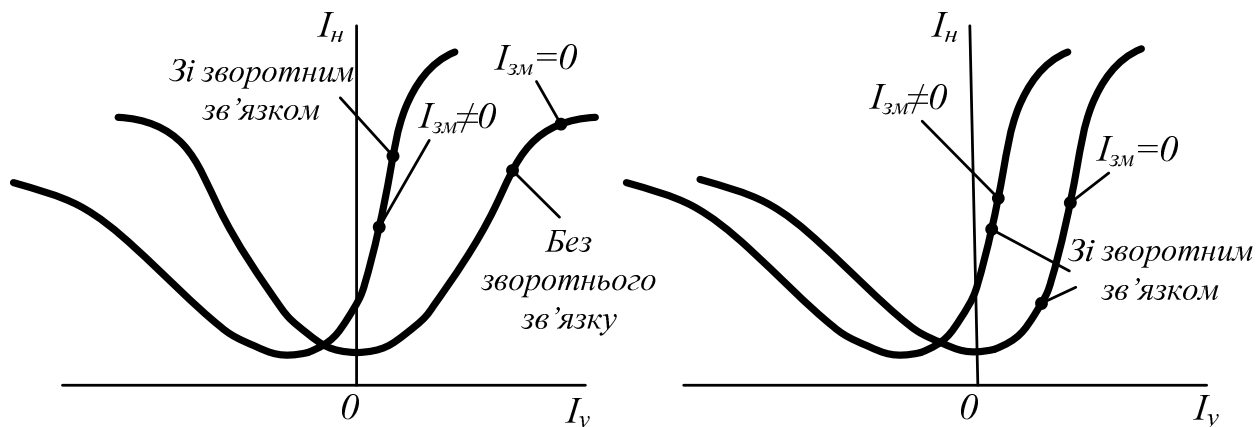


Рис. 5.5- Магнітний підсилювач із зовнішнім зворотним зв'язком по струму.

Тому в створенні поля , що підмагнічує , бере участь не тільки струм управління, але й випрямлений струм навантаження. Напрямок струму в обмотці зворотного зв'язку визначають тільки схемою випрямляча і при зміні полярності струму управління залишається незмінним. Тому зворотний зв'язок виявляється позитивним, коли магнітні потоки обмотки управління і обмотки зворотного зв'язку складаються. При іншому напрямку керуючого струму зворотний зв'язок стає негативним. Регулювальна характеристика МП зі зворотним зв'язком видозмінюється і стає несиметричною (рис. 5.6 , а).



. Рис. 5.6- Регулювальна характеристика МП, де: зворотний зв'язок (ЗЗ), без зміщення ( $I_{zm} = 0$ ), зі зміщенням ( $I_{zm} \neq 0$ ).

Як видно з рис. 5.6,а, введення зворотного зв'язку супроводжується збільшенням струму неробочого ходу. Для зменшення останнього і вибору робочої точки на характеристиці в МП вводять так звану обмотку зміщення з числом витків  $W_{zm}$ , що розміщується там же, де обмотка управління і зворотного зв'язку. За наявності зміщення регулювальна характеристика зміщується паралельно самій собі уздовж осі абсцис у потрібному напрямку (рис. 5.6,б).

### 5.3. Завдання до лабораторної роботи

5.3.1. Вивчити варіанти виконання МП на різних типах осердя.

5.3.2. Ознайомитися з обладнанням робочого місця.

5.3.3. Експериментально зняти і побудувати регулювальну характеристику од-  
нотактного МП:

- при відсутності зворотного зв'язку й зміщення;
- при відсутності зворотного зв'язку, але зі зміщенням;
- за наявності зворотного зв'язку й зміщення.

## 5.4. Порядок виконання роботи

5.4.1. Вивчити варіанти виконання магнітних підсилювачів.

5.4.2. Зібрати схему дослідження магнітного підсилювача (рис. 5.7).

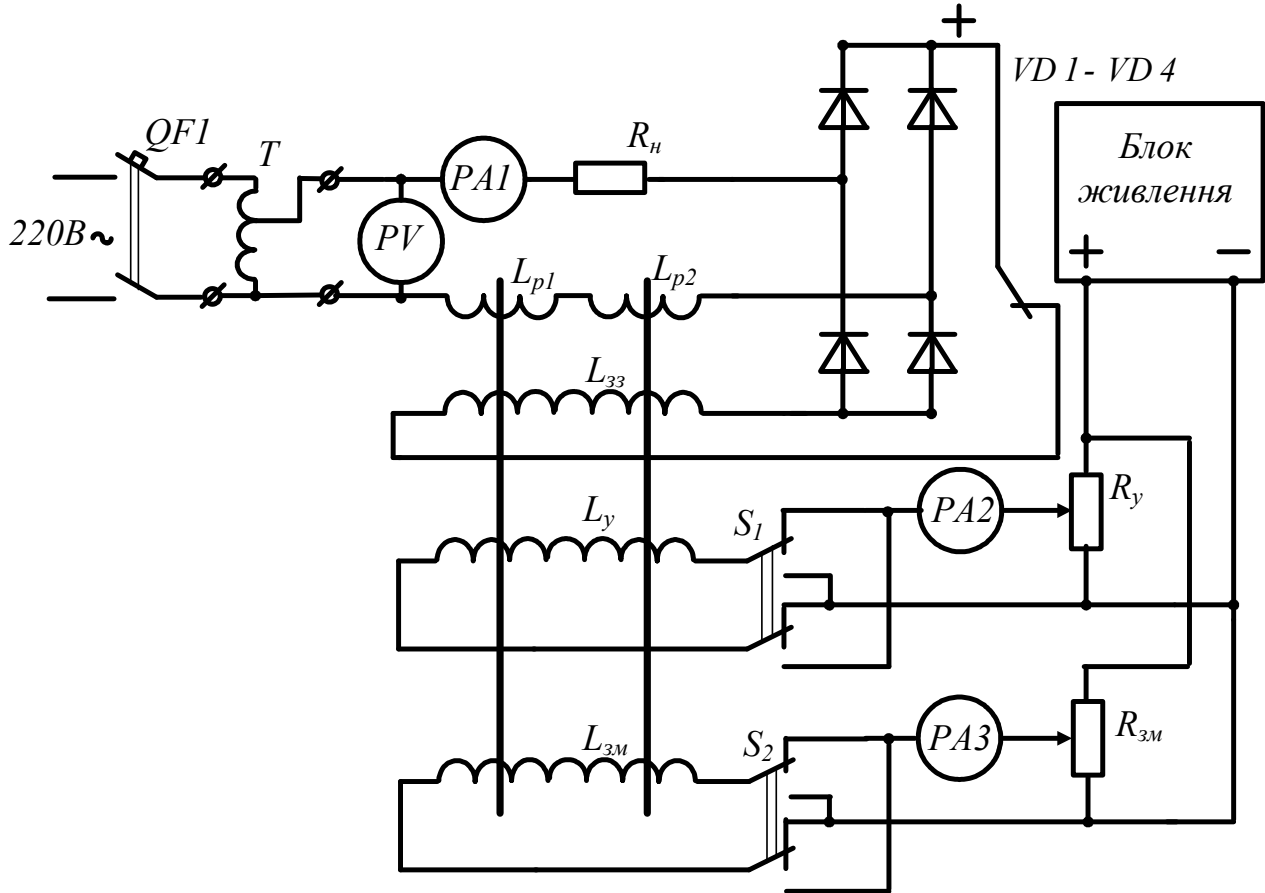


Рис. 5.7- Схема випробування однотактного магнітного підсилювача.

5.4.3. Зняти залежність  $I_n = f(I_y)$  без зворотного зв'язку і зміщення. Для цього перемикачі  $S1$  і  $S2$  встановити в нейтральне положення, а перемикач  $S3$  – у положення “Відключено”. Після перевірки схеми керівником – включити живлення і визначити струм у неробочого ходу .

Встановити перемикач  $S1$  у положення “I” і, плавно змінюючи величину струму в обмотці управління потенціометром  $R_y$ , знайти відповідні значення струму навантаження. Для зміни полярності струму в обмотці управління перемикач  $S1$  установити в положення “II” Результати вимірів занести до табл. 5.1. Зняти характеристику підсилювача без зворотного зв'язку із зміщенням. Для цього перемикач  $S3$  встановити в положення “Відключено”, а  $S2$  – в одне з положень “I” або “II” (за завданням керівника) і потенціометром  $R_{3M}$  встановити величину струму в обмотці зміщення (за завданням керівника). Визначити величину струму неробочого ходу (при  $I_y = 0$ ) і струм навантаження

при інших значеннях його в обмотці управління так само, як і в п. 4.3. Результати вимірів занести до табл. 5.2, що аналогічна табл. 5.1.

5.4.4. Зняти характеристику підсилювача зі зворотним зв'язком і зміщенням. Для цього перемикач  $S3$  встановити в положення “Включено”,  $S2$  – в одне з положень “I” або “II” (за завданням керівника) і потенціометром  $R_{зм}$  встановити (за завданням керівника) величину струму в обмотці зміщення. Характеристика підсилювача знімається так само, як и в п. 4.4. Результати вимірів занести в табл. 5.2, аналогічну табл. 5.1.

Таблиця 5.1

$I_y, \text{mA}$	30	60	90	120	150	0	-30	-60	-90	-120	-150
$I_n, \text{mA}$											

### 5.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему дослідження підсилювача(рис. 5.7); таблиці результатів вимірів; регулювальні характеристики  $I_n = f(I_y)$ , побудовані за даними вимірів; аналіз отриманих результатів.

### 5.6. Контрольні питання

5.6.1. Принцип дії магнітного підсилювача.

5.6.2. Різновиди зворотних зв'язків у МП і їх вплив на регулювальну характеристику.

5.6.3. Варіанти виконання МП на різних типах осердя.

5.6.4. Призначення зміщення в магнітних підсилювачах.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### КОНТРОЛЕРИ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

#### 6.1. Мета роботи:

вивчення і оволодіння принципами роботи, конструкції, методикою регулювання і вимірювання робочих параметрів контролерів.

#### 6.2. Загальні відомості і описання лабораторної установки

Лабораторна робота складається з контролерів непрямого управління типу КВ-34А з ручним приводом (трамваю РВЗ-6), типу ЗКТ із педальним приводом



(трамваю Т-3), безпосереднього управління типу МТ-ЗОГ реостатного контролера ЕКГ-11Б (тролейбуса ЗІУ-5), відповідно вимірювальних інструментів та приладів. У тролейбусі ЮМЗ застосовують контролер типу ЕКГ-20Е.

Контролером називають комутаційний апарат, що призначений для зміни схем і електричних з'єднань кіл тягових електродвигунів, а також для зміни величини опорів у цих колах. Конструктивно він являє собою багатоступінчастий пристрій, не зв'язаний в одне ціле з резисторами. У цьому його головна відмінність від реостатів.

Контролери широко застосовують на рухомому складі міського електричного транспорту (МЕТ), тому що дозволяють у порівнянні з електромагнітними контакторами спростити схему управління тяговими електродвигунами (ТЕД), а отже, підвищити надійність їх роботи. Вони дозволяють зробити багатоступінчастий пуск і гальмування ТЕД при невеликій кількості електроапаратури.

У залежності від схеми управління тяговими двигунами на різних типах рухомого складу контролери класифікують: за призначенням, принципом роботи, різновидом приводу.

За призначенням контролери поділяють на такі головні групи: безпосереднього управління; непрямого управління; реостатні; перемикачі положення; реверсори.

Контролери безпосереднього управління (наприклад, МТ-ЗОГ і МТ-27А) використовували для комутації в силових колах (трамвайні вагони). У даний час вони мають обмежене застосування.

Контролери непрямого управління застосовують для управління роботою інших апаратів, що здійснюють комутацію в силових колах (наприклад, електромагнітних контакторів – тролейбус 9ТР), або реостатні контролери (вагони: РВЗ-6, КТМ-5, тролейбуси ЗІУ-5, ЗІУ-9, ЮМЗ).

Реостатні контролери використовують для комутації пускових реостатів у колах ослаблення поля за відповідною програмою.

Перемикачі положення застосовують для комутації електричних схем вагонів метрополітену. Вони мають конструкцію, що аналогічна реостатним контролерам.

Реверсори застосовують для зміни схеми вмикання електродвигуна при необхідності зміни напрямку руху.

У залежності від конструкції контактних пристроїв контролери ділять на кулачкові, барабанні, клавішні й плоскі (рис. 6.1).

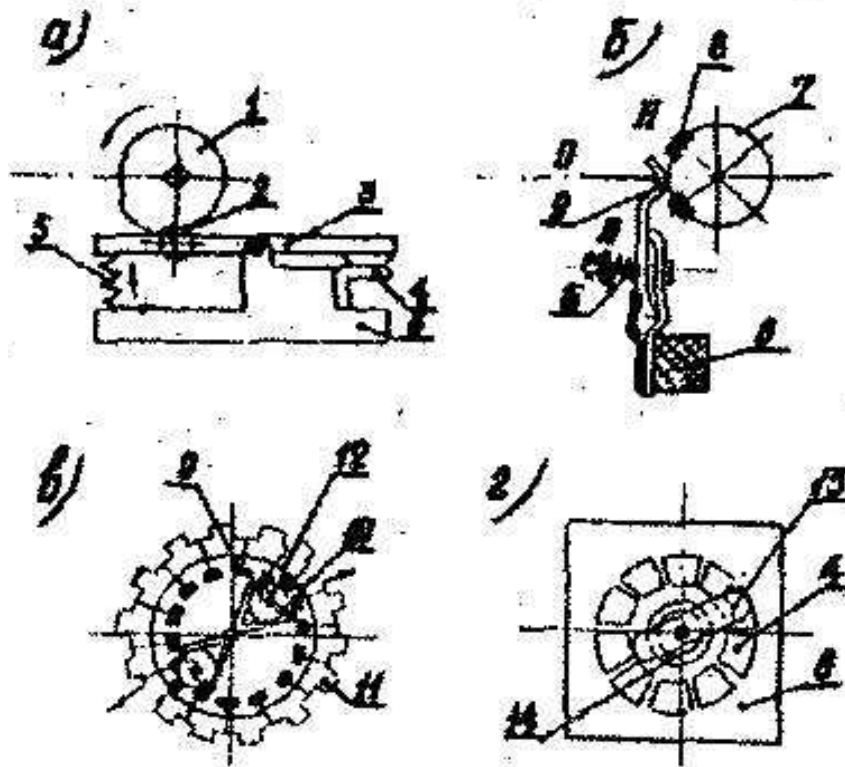


Рис. 6.1 – Конструктивне виконання контролерів: а – кулачкові; б – барабанні; в – клавішні; г – реостатні; 1 – шайба кулачкова; 2 – ролик; 3 – важіль; 4 – контакта; 5 – пружина, що притискує; 6 – основа; 7 – барабан; 8 – сегменти; 9 – контактний палець; 10 – струмопровідне кільце; 11 – резистори; 12 – ролик, що притискує; 13 – повзун; 14 – кільце, що знімає струм.

Контролери кулачкового типу мають найбільше поширення, тому що дозволяють комутувати кола зі значним струмом, оскільки можуть бути із системою гасіння дуги. У контролерах цього типу легко задається програма замикання контакторних елементів. На рис. 6.1,а зображений контакторний елемент, контакти якого розмикаються при повороті кулачкової шайби 1 в напрямку, що вказаний стрілкою.

При використанні реостата їх контролерів, складають силову схему таким чином, щоб розмикання контактів здійснювалося без розірвання струму, що дає змогу застосовувати контакторні елементи без гасіння дуги.

Контролери барабанного типу (рис. 6.1,б) застосовують для комутації електричних кіл при нечастих переключеннях і відсутності струму в них. Звичайно їх використовують як реверси, переключення котрих можливо тільки при відключенні силових кіл. У цьому випадку застосовують механічне або

електричне блокування. На трамвайних вагонах Т-3 для регулювання швидкості обертання ТЕД припуску і гальмування використовують клавішний реостат (рис. 6.1,в). У технічній літературі з рухомого складу МЕТ його називають прискорювачем. Конструктивно прискорювач являє собою пристрій, що переключає, який об'єднаний з елементами реостатів. Зміну величини опору у колі ТЕД проводять шляхом притиснення пальців 9 (рис. 6.1,в) до струмопровідного кільця 10 за допомогою роликів 12.

Контролери плоского типу (рис. 6.1,г) являють собою ізоляційну основу 6, на якій закріплені плоскі нерухомі контакти 4. Переключення виконують при повороті повзунка 13, що забезпечує електричний зв'язок відповідного контакту із струмозйомним кільцем 14. Сьогодні контролери даного типу на рухомому складі не застосовуються.

Контролери мають такі різновиди приводів загального вала: ручний (трамвай, вагони метро); ножний (педальний - тролейбуси); електромеханичний (серводвигунний - реостати і контролери); електромагнітний (реверсор трамваю КТМ-5); пневматичний (реверсор РВЗ-6).

На вітчизняному рухомому складі, який випускають в даний час з автоматичним управлінням, застосовуються реостатні контролери тільки з серводвигунним приводом.

Реостатний контролер складається: з корпусу, кулачкового вала, контакторних елементів для силових кіл, кіл управління, приводу, фіксуючих елементів.

Контакторні елементи реостатних контролерів виконують у вигляді легкомонтованих вузлів і уніфікуються з метою використання їх на інших контролерах.

На контролерах рухомого складу МЕТ використовують контакторні елементи, що мають різноманітні технічні дані і конструктивні виконання. Контакторні елементи КЕ-46, КЕ-47, КЕ-6І призначені для переключення силових кіл; КЕ-42 і КЕ-54 - для розмикання і замикання кіл управління. Основою контакторного елемента (рис. 6.2) є ізолятор 1, виготовлений з пластмаси. На вісі 2, закріпленій на основі, встановлюють важіль 3. На одному плечі важеля кріплять тримач 4 з рухомим контактом 5 і контактною пружиною 6, а на другому плечі — ролик 7, який пружиною, що вмикає, притискується до робочої поверхні кулачкової шайби; (на рис. 6.2,а і 6.2,б – не зображена).

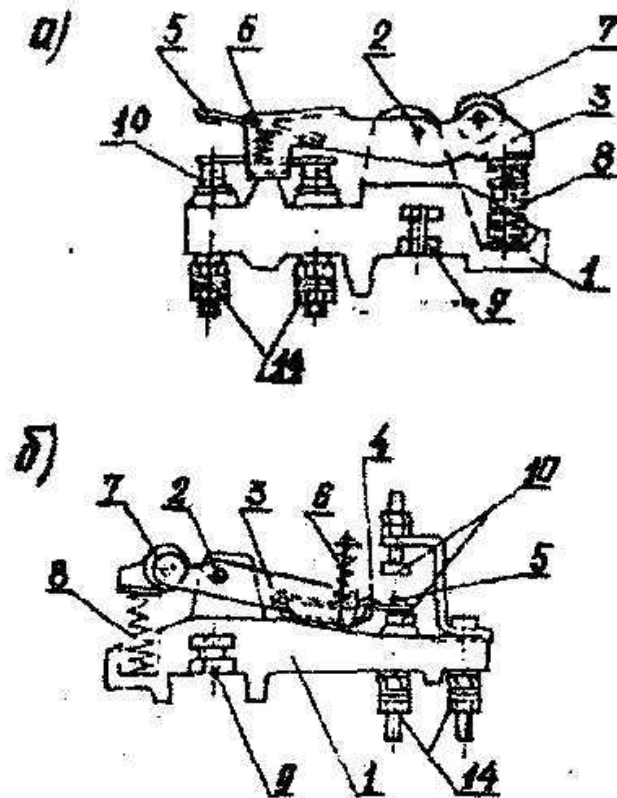


Рис. 6.2- Контактора елементи котролерів КЕ-42 (а) і КЕ-54(б) контролера ЕКГ-11Б.

Контакторний елемент кріплять на рейці болтом, який вкручують в гайку 9, запресовану в ізоляційну основу. При обертанні кулачкової шайби ролик контакторного елемента котиться по зовнішній поверхні шайби, при цьому контакти 5 і 10 – розімкнуті. При скатуванні ролика в западину шайби важіль 3, обертаючись на вісі під дією пружини 8, замикає рухомий контакт з нерухомим. Необхідне натискання контактів створюється пружинами 6, 8. Розмикають контакти під дією кулачкової шайби при набіганні ролика на виступ шайби.

### 6.3. Завдання

- 6.3.1. Вивчити пристрій контролера КВ-34. Зняти розгортку контролера за позиціями ходу і гальма.
- 6.3.2. Вивчити пристрій контролера ЗКТ. Замалювати кінематичну схему блокування вала контролера ходу і реверсивного барабана.
- 6.3.3. Вивчити пристрій контролера МТ-ЗОГ. Зняти ескіз контакторного елемента.
- 6.3.4. Вивчити пристрій групового реостатного контролера ЕКГ-11Б.

- 6.3.5. Виміряти величини провалу і зазора силових контактів.
- 6.3.6. Виміряти динамометром силу натискання контакта.
- 6.3.7. Дослідити способи регулювання частоти обертання (часу ходу) кулачкового вала реостатного контролера шляхом зміни величини опору резисторів R1 і R2 (рис. 6.3).

#### 6.4. Порядок виконання роботи

- 6.4.1. Вивчити конструкцію контролерів, застосовуваних на рухомому складі МЕТ.
- 6.4.2. Скласти розгортку контролера у вигляді табл. 6.1.
- 6.4.3. Виконати п. 3.5 і 3.6 в обсязі, вказаному керівником занять.
- 6.4.4. Зібрати схему управління реостатним контролером (рис. 6.3).

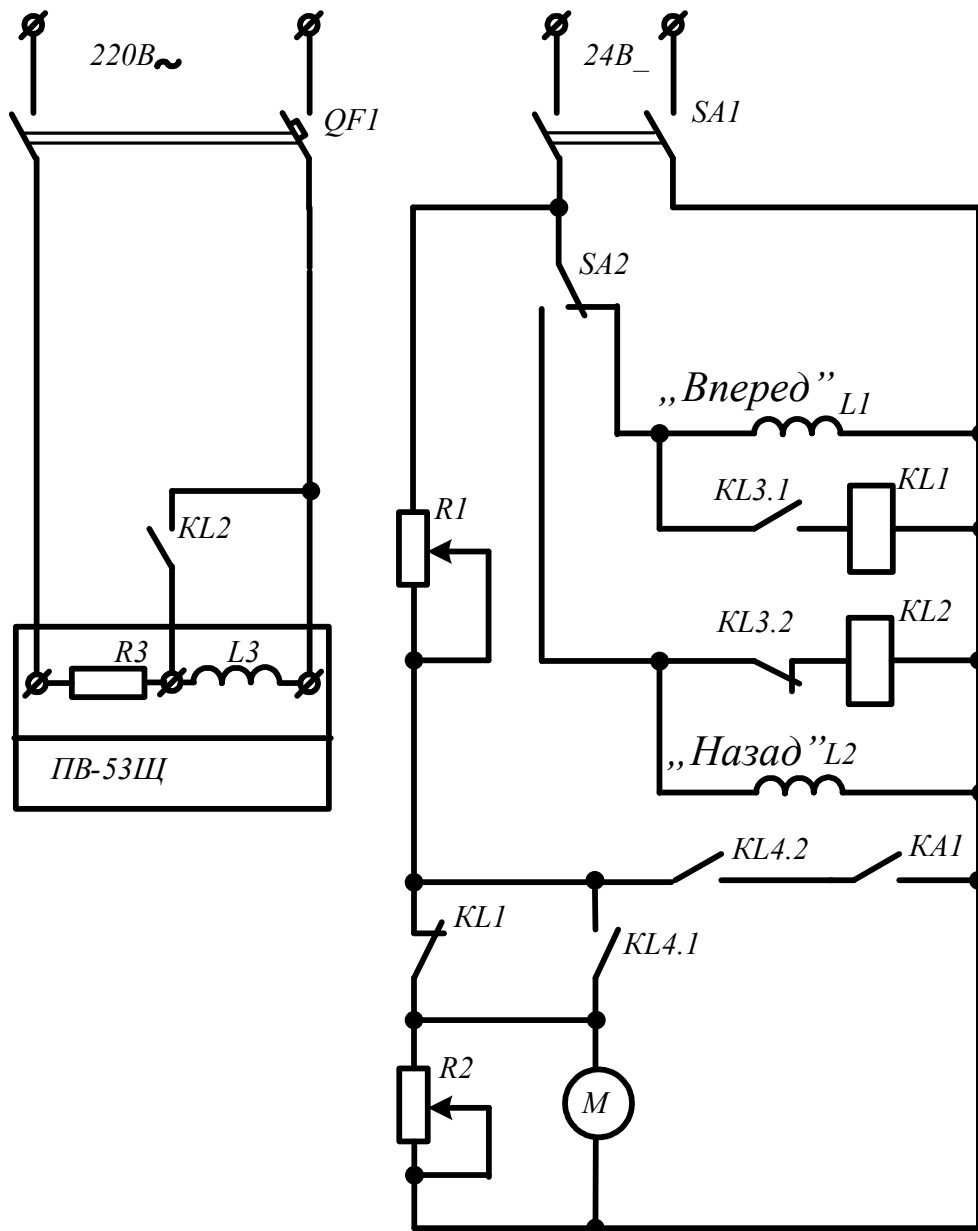


Рис. 6.3- Схема випробування реостатного контролера ЕКГ-11Б.

6.4.5. Змінюючи величини опорів резисторів  $R1$  і  $R2$ , відрегулювати час ходу кулачкового вала реостатного контролера, для чого:

- встановити хомути на резисторах  $R1$  і  $R2$  у середнє положення;
- включити вимикачі  $QF1$  і  $QS1$ ;
- перемикач  $S1$  включити в положення "Вперед";
- за секундоміром зафіксувати час ходу кулачкового вала контролера;
- резистором  $R1$ , а при необхідності і  $R2$ , відрегулювати швидкість ходу на час, запропонований керівником;
- перевірити час ходу вала контролера з 16 на 1 позицію, для чого перевести перемикач  $S1$  у положення "Назад".

Таблиця 6.1

№ КЕ	Позиції								
	Гальмо				0	Хід			
	4	3	2	1		1	2	3	4
1									
2									
.....									
19									

## 6.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: типи контролерів робочого місця, їх класифікацію; результати вимірів провалу і зазору силових контактів; тип і таблицю розгортки контролера за позиціями ходу і гальма; ескіз контакторного елемента; схему випробування реостатного контролера (рис. 6.3); стислі висновки по роботі.

## 6.6. Контрольні питання

1. Призначення контролерів.
2. Класифікація контролерів: за видом приводу; за призначенням; за конструкцією контакторних елементів.
3. Види блокування, які застосовують в контролерах.
4. Способи виміру провалу, розчину і натискання контактів.
5. Способи регулювання частоти обертання кулачкового вала реостатного контролера.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ЗАПОБІЖНИКІВ

#### 7.1. Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з конструкцією і технічними даними низьковольтних запобіжників, зняття часошумової характеристики плавкої уставки, обробка та аналіз дослідів.

#### 7.2. Загальні відомості та описання лабораторної установки

Лабораторна установка складається з випробуваної плавкої уставки, яка вмонтована в корпус реле, електромагнітного реле струму, автотрансформатора  $TV1$ , трансформатора  $TV2$ , що знижує напругу, амперметра, електричного секундоміра і вимикачів.

Схема установки для зняття захисної характеристики наведена на рис. 7.1.

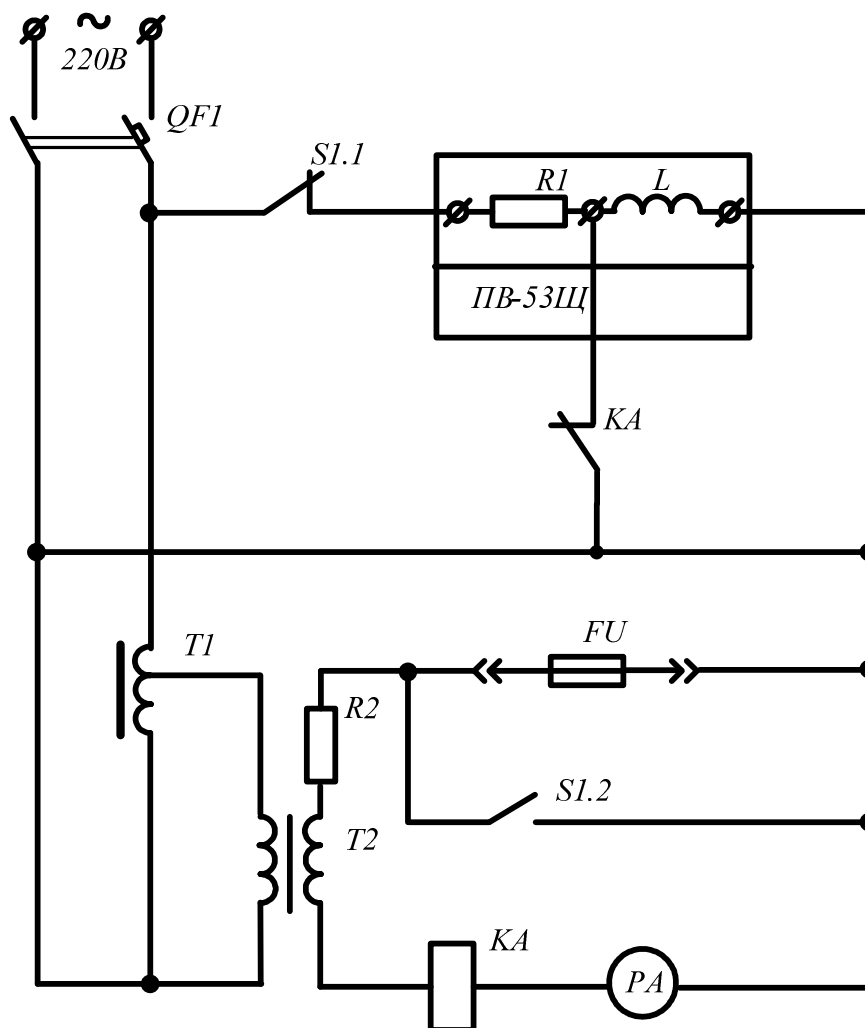


Рис. – 7.1 – Схема випробування плавких запобіжників

Живлення здійснюють від мережі змінного струму напругою 220 В через автотрансформатор і трансформатор, що знижує напругу .

Вимикач *SA1* служить для шунтування запобіжників при встановленні струму, вимикач *SA2* - для вимикання електричного секундоміра. Для виміру струму, який підвели до випробувальної плавкої уставки, передбачена відповідна вимірювальна апаратура. Реле струму призначене для припинення електричного секундоміра після перегорання плавкої уставки.

Плавким запобіжником називають електричний апарат, що при струмі, який більший за задану величину, розмикає електричне коло шляхом розплавлення плавкої уставки, безпосередньо нагрітої струмом до розплавлення.

Запобіжники за ступенем закриття уставки можна класифікувати на: запобіжники з відкритою плавкою уставкою (у даний час застосовують мало); запобіжники із напівзачиненим патроном (патрон відкритий з однієї або з двох сторін); запобіжники з закритим патроном – у запобіжниках цієї групи відсутній викид полум'я дуги при перегоранні плавкої уставки. Сучасні запобіжники виконують із закритим патроном. Запобіжники із закритим патроном можуть бути із заповнювачем і без нього. У запобіжниках із заповнювачем дугу гасять в порошкоподібному або зернистому заповнювачі, а в запобіжниках без заповнювача – внаслідок високого тиску газу в патроні.

Матеріали для плавких уставок повинні мати малий питомий електричний опір, невелику температуру плавлення і, крім того, мусять бути стійкими до окислювання.

У сучасних запобіжниках для плавких уставок звичайно застосовують мідь і цинк, менше – свинець. В окремих випадках, коли необхідно мати повну гарантію від помилкових спрацьовувань через окислювання уставки, застосовують срібло.

Мідь (у порівнянні з цинком і свинцем) має малий питомий електричний опір, що дозволяє застосувати уставки невеликого перерізу і тим самим полегшити умови гасіння електричної дуги при розплавлюванні плавкої уставки (зниження кількості парів розплавленого металу в електричній дузі). Але мідь має високу температуру плавлення (1083 °C) і окисляється. У процесі експлуатації окисли міді відшаровуються і переріз уставки поступово



зменшується. У результаті змінюються значення граничних струмів, при яких починається процес перегорання плавкої уставки.

Срібло, як і мідь, має малий питомий електричний опір і, крім того, не окисляється, що обумовлює високу стабільність граничних струмів срібних уставок. Температура ж плавлення срібла, хоч і дещо нижча, ніж у міді, але все ж досить висока (961 °C).

У запобіжниках з мідними або срібними плавкими уставками при невеликих струмах перевантаження, при яких потрібний тривалий час для розплавлення плавкої уставки, можливе значення нагрівання патрона запобіжника і його руйнування. Одним із способів зниження температури плавлення уставки є застосування металургійного ефекту, коли на мідну або срібну уставку напаяють кульки з металу з низькою температурою плавлення (олово, свинець). При нагріванні від струму перевантаження кулька плавиться і розчиняє в собі метал уставки, що призводить, у кінцевому рахунку, до зміни перерізу уставки і її розплавлення в цьому місці. У номінальному ж режимі кулька практично не впливає на температуру нагрівання уставки. Металургійний ефект сприяє також помітному зниженню часу підгорання уставок при невеличких струмах перевантаження.

До позитивних рис цинкових уставок слід віднести, окрім невисокої температури плавлення (419 °C), незмінність їхнього перерізу при експлуатації. Цинк на поверхні утворює плівку окислів, що має достатньо механічну міцність, охороняє плавку вставку від подальшого окислювання.

Свинець має невисоку температуру плавлення (327 °C), але великий питомий електричний опір і тому як матеріал до плавких уставок застосовується рідко.

Повний час відключення кола запобіжника складається з часу розплавлення плавкої уставки і часу гасіння дуги. Очевидно, що чим більше струм у колі, тим швидше плавка уставка нагріється до плавлення і тим менше буде повний час відключення. Залежність повного часу відключення кола плавким запобіжником від струму називають часострумовою характеристикою або захисною характеристикою. Запобіжник буде захищати об'єкт тільки в тому випадку, якщо його захисна характеристика (рис.7.2, крива 1) розташовується дещо нижче перевантажувальної характеристики об'єкта, що захищається, при будь – якому значенні струму в колі (рис. 7.2, крива 2).

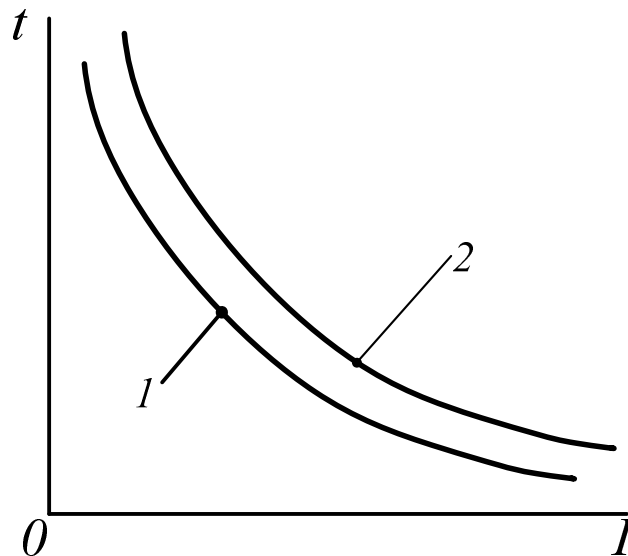


Рис. 7.2- Захисна (1) і перевантажувальна (2) характеристики

Струм, за якого уставка запобіжника не перегорє протягом тривалого часу, називають струмом, який плавить або граничним струмом.

Номінальний струм плавкої уставки повинен бути меншим струму, який плавить. Треба розрізняти номінальні струми патрона запобіжника і його плавких уставок:

- номінальний струм патрона – це струм, за якого струмоведучі й контактні частини запобіжника нагріваються до допустимої температури;
- номінальний струм уставки – це струм, на який розрахована плавка уставка (при його протіканні уставка не повинна перегоряти).

Для орієнтованого визначення діаметра мідної плавкої уставки в міліметрах можна користуватися такими формулами:

- для плавкої уставки, що знаходиться у фібровій трубці або поза нею:

$$I_n = 52 d^{1,2};$$

- для уставки, встановленої в трубці із заповнювачем:

$$I_n = 78 d^{1,2};$$

Для цинкової дротової уставки названі коефіцієнти слід помножити на 0,16, а для сплаву свинцю з оловом – на 0,135.

Запобіжники серії ПР-2 мають закриті розбірні патрони без заповнювача (виготовляються на напругу 220 В). Номінальні струми патронів: 15, 60, 100, 200, 350, 600, 1000 А. Номінальні струми вставок: 6, 10, 15, 20, 25, 35, 60, 80, 100, 125, 160, 200, 225, 260, 300, 430, 600, 1000 А.

Трубчастий запобіжник (рис. 7.3) складається: з фібрового циліндра 3, латунних (алюмінієвих) чопів 2, що мають проріз для плавкої уставки 4, і латунних (алюмінієвих) ковпачків 1. Плавку уставку виготовляють із цинку, який стійкий проти корозії. Уставка виконана у вигляді пластинки з вирізами, що зменшують її переріз на окремих ділянках. Така конструкція дозволяє знизити час перегорання уставки при протіканні великих струмів і, крім того, підвищити спроможність запобіжника, що відключає, у результаті зниження кількості парів металу в дузі при перегоранні уставки (уставка перегоряє тільки в звужених місцях). У запобіжниках із номінальним струмом патрона  $15 \div 60$  А латунні ковпачки 4 є контактними частинами запобіжника; в запобіжника з номінальним струмом від 100 А і вище контактними частинами є мідні ножі. Запобіжники із заповнювачем серії ПН-2 виготовляють на номінальні струми патронів: 40, 100, 250, 400, 600, А і номінальні струми уставок: 6, 10, 15, 25, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600 А.

Плавкі уставки мають прямокутний переріз із звуженими ділянками. Перегорілу плавку уставку замінюють разом з ножами. Конструктивно запобіжник ПН-2 виконаний аналогічно запобіжнику ПР-2. Патрон його заповнюється кварцевим піском з розміром зерен від 0,2 до 0,4 мм. Вологість піску має бути не більше 3%.

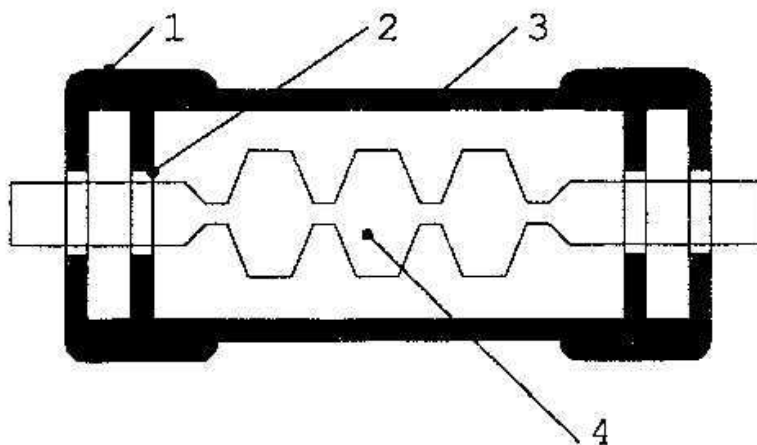


Рис. 7.3- Пристрій запобіжників типу ПР

Запобіжник ПНБ-2 (Б – швидкодіючий) має таку ж конструкцію, як і ПН-2, але уставка в ньому срібна і призначена для захисту германієвих і кремнієвих випрямлячів.

### 7.3. Завдання

7.3.1. Вивчити призначення, конструктивні особливості та технічні дані різноманітних плавких запобіжників.

7.3.2. Ознайомитися з обладнанням робочого місця.

7.3.3. Експериментально зняти і побудувати струмочасову захисну характеристику круглої плавкої уставки.

### 7.4. Порядок виконання роботи

7.4.1. Ознайомитися з теоретичними даними і конструкцією запобіжників. Ознайомитися з лабораторним обладнанням і накреслити принципову схему (рис. 7.1).

7.4.2. Зняти струмочасову характеристику мідної круглої уставки. 7.4.2.1. Зібрати схему (відповідно до рис. 7.1) установити плавку уставку до гнізда установки.

7.4.2.2. Установити ручку ЛАТРу на "О", вимикач  $SA1$  – в положення "Вкл.", а вимикач  $SA2$  - у положення "Відкл."

7.4.2.3. Після перевірки схеми керівником, включити живлення. Встановити в колі струм за вказівкою керівника.

7.4.2.4. Відключити живлення, поставити вимикач  $SA1$  у положення "Вкл.". Включити живлення. Після зупинки електричного секундоміра занести показання до табл. 7.1.

7.4.2.5. Відключити живлення і встановити в запобіжник нову плавку уставку.

7.4.2.6. Знайти час перегорання при інших величинах струму. Дані занести до табл. 7.1.

Таблиця 7.1

Струм, А								
Час, с.								

### 7.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему дослідної установки; таблицю результатів виміру; струмочасову захисну характеристику  $t = f(I)$ , побудовану за результатами дослідів; стислі висновки по роботі.

### 7.6. Контрольні питання

1.Що таке „захисна характеристика плавкої уставки”?

2. Які матеріали використовують для виготовлення плавких вставок, та їх позитивні риси і недоліки?

3. Що називають „номінальним струмом патрона”?

4. Що таке „номінальний струм плавкої уставки”?

5. Що таке „металургійний ефект” у запобіжниках, та для чого його використовують?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО ПРИВОДУ РОЗ'ЄДНУВАЧІВ ПІДСТАНЦІЙ**

#### **8.1. Мета роботи**

Метою роботи є вивчення конструкції і дослідження головної експлуатаційної характеристики лінійного електропривода для роз'єднувачів підстанцій електротранспорту і електропостачання комунальних підприємств.

#### **8.2. Загальні відомості і описання лабораторної установки**

Лабораторна установка складається з лінійного коаксіального електропривода, що має також назву магнітофугального електродвигуна, динамометра, комутаційної, регулювальної і вимірювальної апаратури, змонтованої на лабораторному стенді. Живиться установка від мережі змінного струму напругою 380 В і частотою 50 Гц через трифазний регулятор напруги типу ТРН.

Лінійний електропривод для роз'єднувачів підстанцій міського електротранспорту і других підстанцій комунальних підприємств, який розроблений під керівництвом професора Київського інженерно – будівельного інституту Г.С. Квачева і серійно випускається Московським заводом ЕМОЗ.

Складається лінійний електропривод з корпусу, в середині якого вміщаються 18 тороїдальних котушок, кожна з яких укладена між двома ферромагнітними обоймами, що складають магнітопровід статора.

Ротор – так званий "бігун", складається із сталевго стержня, на котрий навитий міцний дріт, пропаяний припоєм і проточений по зовнішній поверхні навивки на половину діаметра дроту. Сталевий стрижень бігуна виконує роль магнітопровода ротора звичайного асинхронного електродвигуна, а навитий міцний дріт – роль його короткозамкненої обмотки. Бігун може вільно переміщатися уздовж вісі в чопах, закріплених на кінцях статора.

При вмиканні такого електродвигуна в мережу змінного струму уздовж його вісі виникає бігуче електромагнітне поле, синхронну швидкість якого визначається залежністю:

$$V = 2 * \tau * f_1,$$

де  $\tau$  - величина полюсного розподілу статора, обумовлена товщиною котушки з обоймами і числом котушок обмотки на полюс і фазу;  $f_1$  – частота струму, що живить.

$$V = 2 * \tau * f_1 = 2 * 0,036 * 50 = 3,6 \text{ м/с.}$$

Електромагнітне поле статора індуктує струми в „бігуні”. Взаємодія цих струмів з електромагнітним полем статора захоплює бігун у напрямку руху біжучого поля з ковзанням, обумовленим конструктивними особливостями лінійного електродвигуна і протидіючих зусиль, прикладених до бігуна. Звичайно ковзання знаходиться в межах 20 ... 50%.

Оскільки магнітна система лінійного електродвигуна є незамкненою, на кінцях обмотки виникають так звані "крайові ефекти", що погіршують енергетичні характеристики лінійних електродвигунів. ККД їх значно нижче, ніж у звичайних асинхронних електродвигунів з обертовим електромагнітним полем, і не перевищує 20... 30%. Проте конструктивна простота і можливість одержати зворотно – поступове переміщення без яких – небудь механічних перетворюючих пристроїв у багатьох випадках робить застосування таких двигунів цілком виправданим. Реверсування лінійного електродвигуна, як і звичайних асинхронних електродвигунів, здійснюють шляхом зміни порядку чергування фаз.

Відсутність одного із пристроїв для примусового охолодження в лінійному приводі дозволяє використовувати його тільки в імпульсному короткочасному режимі за тривалості не більше 2...3 умикань підряд без паузи для охолодження. Такий режим роботи цілком відповідає експлуатаційним умовам роботи роз'єднувачів на тягових підстанціях міського електротранспорту, що замикаються або розмикаються нечасто. Для більш інтенсивної роботи в повторно - короткочасному режимі (наприклад, як штовхачі на технологічних установках) їх забезпечують повітряними або водяними системами

примусового охолодження. Схема з'єднань обмотки лінійного електродвигуна наведена на рис. 8.1.

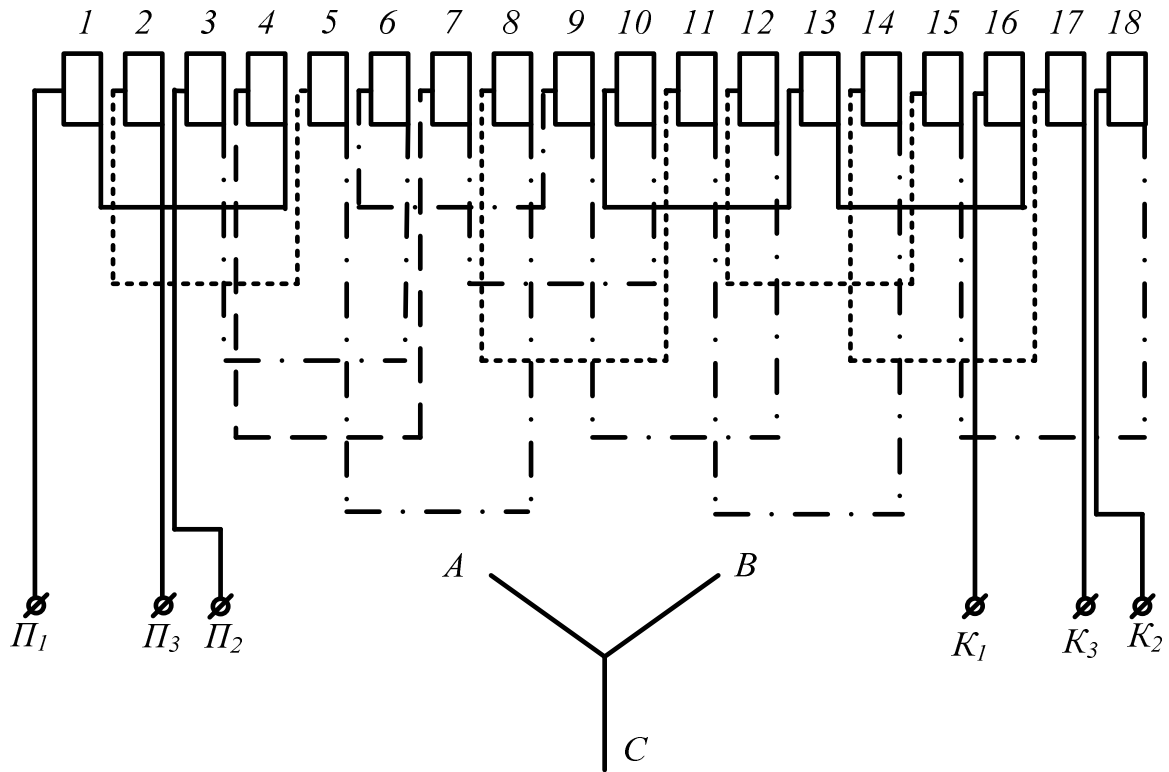


Рис. 8.1- Схема з'єднань обмотки лінійного електродвигуна привода роз'єднувачів П1, П2, П3 – початок фазних обмоток; К1, К2, К3 - кінці фазних обмоток.

Електрична схема установки для дослідження лінійного електропривода роз'єднувачів тягових підстанцій наведена на рис. 8.2.

### 8.3. Завдання.

### 8.3.1. Вивчити конструкцію лінійного електропривода.

### 8.3.2. Вивчити електричну схему дослідження лінійного електропривода.

8.3.3. Дослідити залежність зусилля, яке розвивається електроприводом від напруги живлення  $U_{\text{ж}}$ , струму  $I_{\text{л}}$ , повної споживаної потужності  $S$  і питомого споживання повної потужності на 1 Н зусилля.

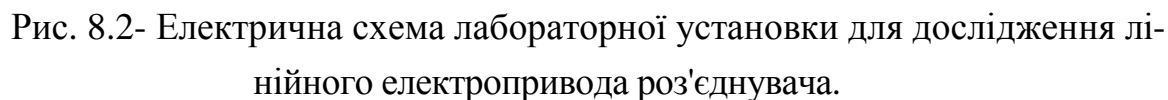
## 8.4. Порядок виконання роботи

#### 8.4.1. Вивчити конструкцію, принцип дії лінійного електроприводу.

8.4.2. Зібрати схему для дослідження лінійного електропривода (рис. 8.2).

8.4.3. Зняти залежність зусилля, яке розвиває привод, від лінійної напруги і струму. Для чого необхідно:

#### 8.4.3.1. З'єднати штепсельне рознімання X.



#### 8.4.3.2. Включити автоматичний вимикач *QF1*.

#### 8.4.3.3. Встановити перемикач вольтметра Д128 у положення "V".

8.4.3.4. Встановити за допомогою трифазного регулятора ТРН лінійну напругу на вході пускача  $KM$ , що дорівнює 80 В.

#### 8.4.3.5.Перевірити симетричність лінійних напруг за допомогою вольтметра Д128.

8.4.3.6. Встановити перемикач вольт – амперметра Д128 у положення "А".

8.4.3.7. Натиснути на кнопку "Пуск" і одночасно зняти показання амперметра і динамометра: Це потрібно виконувати одночасно двом студентам, тому що реле часу  $KT$  відключить пускач  $KM$  через 0,2 с після



вмикання, а повторне вмикання не допускається без витримки часу протягом не менше 5 хвилин.

8.4.3.8. Переставити перемикач вольт – амперметра в положення "V" і встановити значення лінійної напруги відповідно до показників табл. 8.1. Повторити виміри за п. п. 4.3.5, 4.3.6 і 4.3.7.

Таблиця 8.1- Результати дослідження

Вимірювальні параметри	Номери дослідів					
	1	2	3	4	5	6
Лінійна напруга $U_L$ , В	80	120	160	200	240	280
Лінійний струм $I_L$ , А						
Зусилля, що розвинене $F$ , Н						
Споживана повна потужність $S$ , кВА						
Споживання повної потужності на 1 Н зусилля, що розвинене, кВА/Н						

8.4.3.9. Результати дослідів занести до табл. 8.1.

8.4.3.10. За залежністю  $S = \sqrt{3} * U_L * I_L$  визначити повну споживану в кожному досліді потужність і результати досліджень занести до табл. 8.1.

4.3.10. Побудувати залежності  $F = f_1(I_L)$ ;  $F = f_2(U_L)$ ; ;  $F = f_3(S)$ ;  $S_{y0} = f_4(F)$ .

## 8.5. Зміст звіту

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: схему обмотки лінійного електродвигуна, схему лабораторної установки, таблицю з результатами вимірювання і розрахунків, графіки залежності  $F = f_1(I_L)$ ;  $F = f_2(U_L)$ ; ;  $F = f_3(S)$ ;  $S_{y0} = f_4(F)$ , висновки.

## 8.6. Контрольні питання

1. Що являє собою лінійний електропривод роз'єднувача?
2. В якому режимі може працювати лінійний електропривод роз'єднувача?
3. Які недоліки має лінійний електропривод роз'єднувача?
4. Які переваги має лінійний привод у порівнянні з іншими типами приводів роз'єднувачів?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9**

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ ЗМІННОГО СТРУМУ**

#### **1. МЕТА РОБОТИ**

Усвідомлення принципу дії автоматичних вимикачів, засвоєння основних технічних показників характеристики захисту автоматичних вимикачів, дослідження методики контролю параметрів автоматичних вимикачів, набуття практичних навичок у визначенні електричних параметрів автоматичних повітряних вимикачів.

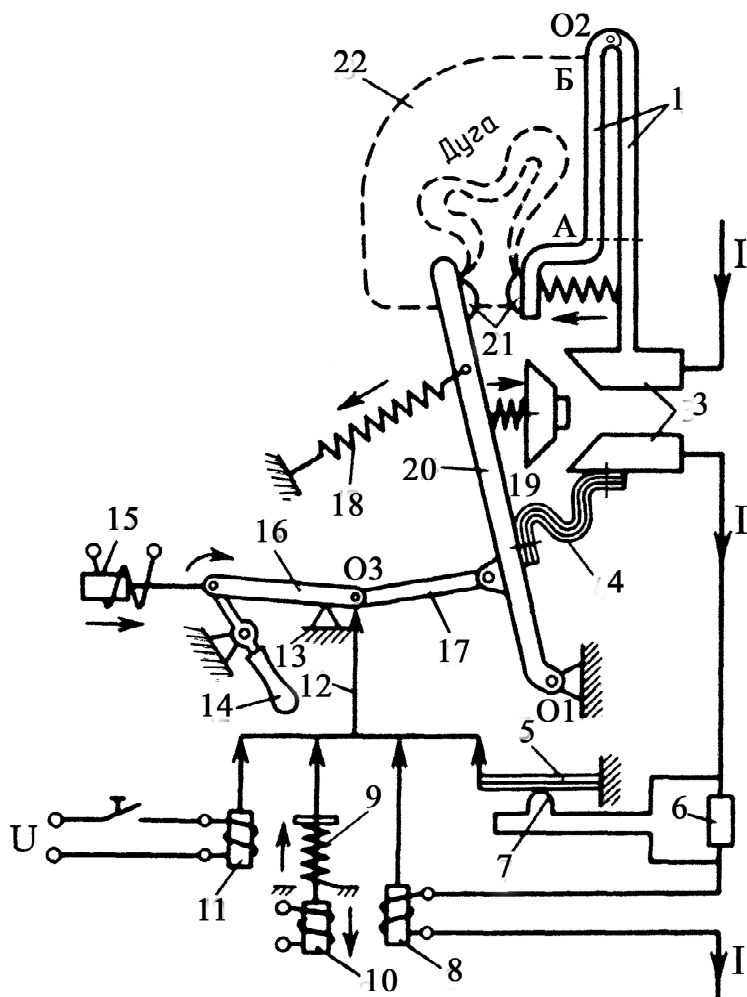
#### **2. Загальні відомості та описання лабораторної установки**

Автоматичні повітряні вимикачі (автомати) є найпоширенішими апаратами, що виконують функції захисту. Автомат повинен негайно реагувати на ненормальний режим, що виник у мережі і автоматично відключати ушкоджену ділянку електричної мережі від несправності. Автоматом можна також користуватися для рідких операцій щодо включення й відключення номінальних струмів навантаження. Автоматичними називають вимикачі, що призначені для вмикання, проведення і вимикання струму в нормальних умовах в електричному колі, а також для вмикання, проведення певного часу та автоматичного вимикання струму в ненормальних умовах у колі, таких як струм короткого замикання і струм перевантаження. Як правило, автоматичні вимикачі використовують для нечастих дій з комутації електричних кіл. На відміну від контактора, що призначений для виключення тільки струмів навантаження, автомат здатний відключати струми короткого замикання, які в сотні разів перевищують номінальну величину струмів навантаження. Крім того, автомат має вузол елементів захисту, що реагує на зміну режиму мережі й дає сигнал на відключення.

Лабораторна установка містить п'ять автоматичних вимикачів ВА–2001, що досліджуються. Захист і підключення до мережі здійснюють через автоматичний вимикач QF1. Живлення обмоток розчіплювачів автоматів здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В через лабораторний автотрансформатор (ЛАТР) і випрямляч. Для зниження величини напруги і забезпечення безпеки при виконанні роботи використовують розподільчий трансформатор Т2 і обмежуючий резистор R. Для виміру струму спрацьовування

Повітряним автоматичний вимикач називають тому, що гасіння електричної дуги здійснюється в середовищі навколишнього повітря.

Diagram of a single vertical pipe. A dashed line labeled '22' is connected to the top of the pipe. A solid line labeled '02' and 'Б' is connected to the bottom of the pipe.



рукоятку ручного включення 14 за годинниковою стрілкою, або подати напругу на електромагнітний привод 15. У обох випадках створюється зусилля, яке переміщаючи важелі 16 і 17 вправо, буде, повертати основну несучу деталь 20 автомата навколо нерухомої вісі по годинній стрільці. Першими замикаються (дугогасні) контакти 21 через гнучкий зв'язок 4 створюють коло струму. При подальшому русі деталі 20 вправо замикаються головні контакти 3, якими буде проходити основна частина струму силового кола. Після завершення операції включення, вся система залишається в крайньому правому положенні за рахунок дії спеціальної засувки, що на рисунку не показана. Опора 13 не дозволяє важелям 16,17 зміщуватися вниз.

Одночасно при включенні автомата зводиться пружина, що відключає 18, що призначена для зміщення рухомої системи автомата вліво й розмикання контактів, якщо важелі 16 і 17 перевести вгору за мертву точку. Таке зміщення може бути здійснене через механічний зв'язок 12 від кожного із чотирьох розчіплювачів.

Для захисту від перевантажень, автомати обладнують біметалічними розчіплювачами 5. Для подачі напруги на підігрівник розчіплювача 7 до головного кола автомата включений додатковий резистор 6.

Для забезпечення необхідного контактного натискання головні й розривні контакти мають спеціальні пружини 2 і 19. Однак практика показує, що сили натискання цих пружин може виявитися недостатньо для утримання контактів у замкнутому стані при протіканні ними струмів короткого замикання, оскільки в контактах з'являються електродинамічні зусилля, які можуть відірвати контакти один від одного. Розрив контактів зі струмом короткого замикання може призвести до утворення електричної дуги й зварювання контактів. Щоб уникнути самовільного розмикання контактів при протіканні ними струмів короткого замикання застосовують компенсатори електродинамічних зусиль. Найбільше поширення одержали компенсатори, засновані на електродинамічному принципі.

На рис. 9.1. зображений компенсатор типу петлі. Двома паралельними шинками 1, що зв'язані одна з одною загальною віссю О2, на ділянці А – В протікають струми різного напрямку. У просторі між провідниками магнітні силові лінії згущаються і властиві їм сили бічного розпору приводять до того, що з'являється електродинамічна сила, яка впливає на рухому деталь компенсатора в той же бік, що й контактна пружина 2.

Результуюча сила здатна протистояти електродинамічній силі відштовхування контактів і запобігти самовільному розмиканню. При протіканні підвищеного щодо номінальної величини струму біметалічний елемент вигинається догори й створює силу, що передається через механічний зв'язок 12 і переводить важелі 16, 17 догори за мертву точку. У результаті цього твердий зв'язок між важелями порушується і автомат відключається.

Захист від струмів короткого замикання здійснює максимальний розчіплювач 8. Коли його котушкою проходить струм короткого замикання, на яке діє сила, що переводить важелі 16 і 17 догори за мертву точку, в результаті чого автомат відключається.

Для захисту від зниженої напруги мережі використовують мінімальні розчіплювачі. На котушку такого розчіплювача 10 подають напругу захищеної мережі. За нормальної напруги електромагнітна сила утримує осердя котушки розчіплювача в притягнутому стані в нижньому положенні. При зниженні напруги у мережі, сила, що розвивається електромагнітною системою розчіплювача, буде вже недостатньою для протидії зворотній пружині. Рухома система розчіплювача 12 переходить у верхнє положення, переводячи важелі 16, 17 за мертву точку, тим самим відключає автомат.

Для дистанційного відключення автомата від кнопки управління (КУ) служить незалежний розчіплювач 11, дія якого аналогічна дії електромагнітного розчіплювача.

При відключенні автомата спочатку розмикаються головні контакти 3 і весь струм переходить у паралельне коло розривних контактів 21. Таким чином, при розмиканні головних контактів, дуга на них не утвориться й вони не піддаються обгоранню.

Коли головні контакти розходяться на досить велику відстань, розмикаються розривні (дугогасні) контакти 21. На них виникає електрична дуга, яка видувається в дугогасну камеру 22 і гаситься там. Оскільки розривні контакти призначені для гасіння дуги, їх виготовляють з матеріалу, здатного протистояти її впливу.

У реальних автоматах система важелів 16, 17 має більш складний устрій, ніж на згаданій вище схемі. Механізм вільного розчіплювання дозволяє автомату відключатися в будь – який момент часу, у тому числі й у момент включення, коли кожний із розглянутих розчіплювачів здійснює вплив на рухому систему автомата. Це забезпечується тим, що в цьому,

випадку важелі 16,17 зміщуються вгору за мертву точку й твердий зв'язок між приводною системою 14, 15 і рухомою системою автомата 20 порушується. Автомат негайно вимикається за рахунок дії зворотної пружини 18, незалежно від впливу сили (що включає) приводної системи автомата.

Одним з відповідальних вузлів автомата є струмоведаче коло, оскільки режим тривалого протікання номінального струму є для нього нормальним. З іншого боку струмоведача система автомата піддається впливу великих електродинамічних навантажень при протіканні струмів короткого замикання. В той же час автомат повинен забезпечувати багаторазове відключення таких струмів і після відключення повинен бути придатним для тривалого пропускання номінального струму навантаження. Варто додати, що для одержання малого власного часу спрацьовування, вага рухомих частин струмоведачого кола повинна бути мінімально можливою.

При номінальних струмах до 200 А застосовують одну пару контактів, які для збільшення дугостійкості облицьовують металокерамікою. Більші номінальні струми вимагають застосування двоступінчастого контакту типу мосту, що перекочується, або пари головних і дугогасних контактів.

Дугогасильна система автомата повинна забезпечувати надійне гасіння дуги за всіма можливими режимами роботи мережі. В установочних і універсальних автоматах частіше всього використовують напівзакрите виконання, за якого автомат закритий кожухом з отворами для виходу гарячих газів. Обсяг кожуха роблять досить великим, щоб уникнути появи всередині кожуха надлишкового тиску. Широке поширення в цих автоматах одержали деіонні дугогасні грати зі сталевих пластин. У цьому випадку гасіння дуги відбувається спокійно з мінімальним викидом іонізованих і нагрітих газів з дугогасного пристрою.

При більших струмах застосовують лабіринтові – щілисті камери й камери із прямою поздовжньою щілиною. Втягування дуги в щілину здійснюється за рахунок серйозного магнітного дуття.

Для здійснення операції з включення апарата, застосовують ручні приводи безпосередньої дії й електромеханічні дистанційні приводи. Ручні приводи застосовують при струмах до 200 А. При більших струмах використовують електромеханічні приводи, що забезпечують необхідну швидкість наростання тиску в контактах. Як електромеханічні приводи

знайшли поширення електромагнітні й електродвигунні. Необхідна для відключення енергія в цьому випадку накопичується в заведеній приводом пружині. Після команди на відключення звільняється утримуюча засувка – автомат відключається.

Недоліком електромагнітного привода є велика швидкість руху та удари в механізмі. Перевагою електродвигунного привода є плавний хід механізму й відсутність ударів. Однак потужність, яку споживає електродвигун, більша, ніж потужність, що необхідна для зведення пружини.

Одним з найважливіших вузлів будь – якого автомата є механізм вільного розчіплювання. Цей механізм передає рух від привода до контактів, утримує контакти у включеному положенні, робить звільнення контактів.

При відключенні автомата механізм фіксує контакти в положенні «ВІДКЛЮЧЕНО», підготовляє автомат до нового включення, унеможливорює утримування контактів у включеному положенні при наявності ненормального режиму в колі, що захищається. Звичайно механізм являє собою систему шарнірно – зв'язаних важелів, що з'єднують привод включення із системою рухомих контактів, які зв'язані із пружиною, що відключає. Конструкція механізмів вільного розчіплювання досить різноманітна, однак дія їх подібна зображеному на рис. 9.1. Слід зазначити, що відключаючі контактні пружини в автоматичних вимикачах розвивають зусилля в десятки, сотні й навіть тисячу кілограмів, а система важелів механізму вільного розчіплювання будується так, що для розчіплювання досить зусилля в десятки, максимум – у сотні грамів. Це дозволяє конструювати ці механізми легкими й високої чутливості.

Самі розчіплювачі являють собою елемент, що контролює величину відповідного параметра захисту мережі і дають сигнал на відключення автомата, коли ця величина досягне заданого уставкою значення. Можливість регулювати уставку розчіплювача, що дозволяє здійснювати селективний захист мережі.

Залежно від виконуваних функцій захисту розчіплювачі бувають:

- максимального струму, миттєвої або вповільненої дії (останній використовують як розчіплювач перевантаження або як селективний);
- мінімальні, для відключення автомата при зниженні напруги нижче

певного рівня;

- відключаючі, для дистанційного відключення автомата, що спрацьовує при подачі на нього напруги;
- зворотного струму, що спрацьовують при зміні напрямку струму;
- теплові, що спрацьовують в залежності від величини струму і часу його протікання, які застосовують зазвичай, для захисту від перевантаження;
- комбіновані, що спрацьовують при поєднанні низки факторів.

Нижче розглянуті особливості конструкції деяких вимикачів та методика контролюючої технічної характеристики.

Вимикачі автоматичні УкрЕМ ВА–2000, УкрЕМ ВА–2001, УкрЕМ ВА–2002, УкрЕМ ВА–2003, УкрЕМ ВА–2006 призначені для захисту низьковольтних електричних мереж від тривалих перенавантажень і струмів короткого замикання, а також для оперативних комутацій електричних мереж. Відповідають: ДСТУ-3025-95 (МЭК-898-87).

На рис. 9.2 наведена часострумова характеристика автоматів. Для дослідження обрані автомати типу С. Вони відрізняються один від одного кратністю струму короткого замикання від номінального струму.

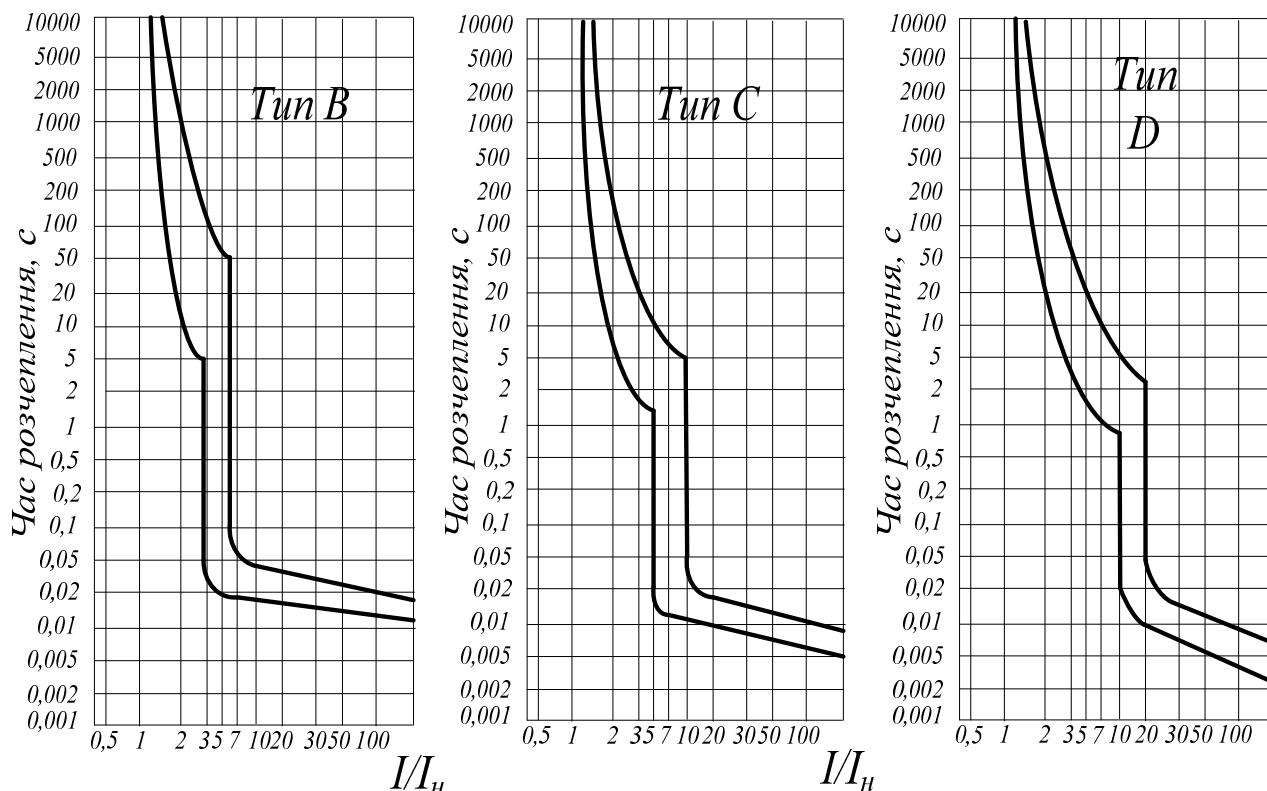


Рис. 9.2 – Часострумова характеристика автоматів ВА–2000 (тип В), ВА–2001 (тип С) і ВА–2006 (тип D)



Вимикачі автоматичні серії ВА зібрані в корпусах, що не підтримують горіння, з механічно – та термостійкої пластмаси і мають замки для монтажу на DIN-рейку; забезпечені двома типами захисту: тепловим – для захисту від тривалих перевантажень струму, виконаного на базі біметалічної пластини та електромагнітним - для захисту від струмів короткого замикання, виконаного на базі соленоїду.

Розчеплювач струму виконаний з обмідненої сталі і має контакти зі сплаву, що містить срібло. Дугогасильна камера, що складається з дев'яти пластин, підвищує комутаційну зносостійкість і, відповідно, граничну комутаційну здатність. Надійний контакт з провідниками забезпечують комбіновані затискачі, що виконані з оцинкованої сталі і посрібленої латуні. Вимикачі з лицьового боку (на важелі) забезпечені індикатором стану „вкл/викл”.

При роботі в нормальних умовах автоматичні вимикачі пропускають через себе електричний струм від мінімальних величин до номінального струму. У разі виникнення в мережі перевантаження (перевищення струму споживання на рівень -  $1,45 I_n$ ) або струму короткого замикання (перевищення струму споживання від  $5 I_n$  до  $12 I_n$ ), спрацьовує механізм захисту і автомат вимикається.

На рис. 9.3 наведена електрична схема випробування автоматів.

Схема працює наступним чином:

Встановлюється ручка ЛАТРа в крайнє ліве положення. Встановлюється шунтуючий автоматичний вимикач QF2, що включений паралельно, у положення «Включено». Включається досліджуваний вимикач (наприклад QF3). Включається автомат мережі QF1 і за допомогою ручки ЛАТРа виставляється струм дослід. Відключається автомат QF2, при цьому досліджуваний струм проходить через реле струму КА і відповідний досліджуваний автомат. Контакт реле КА розмикається і включається

електричний секундомір. У момент спрацьовування досліджуваного вимикача реле КА лишається струму і електричний секундомір зупиняється.

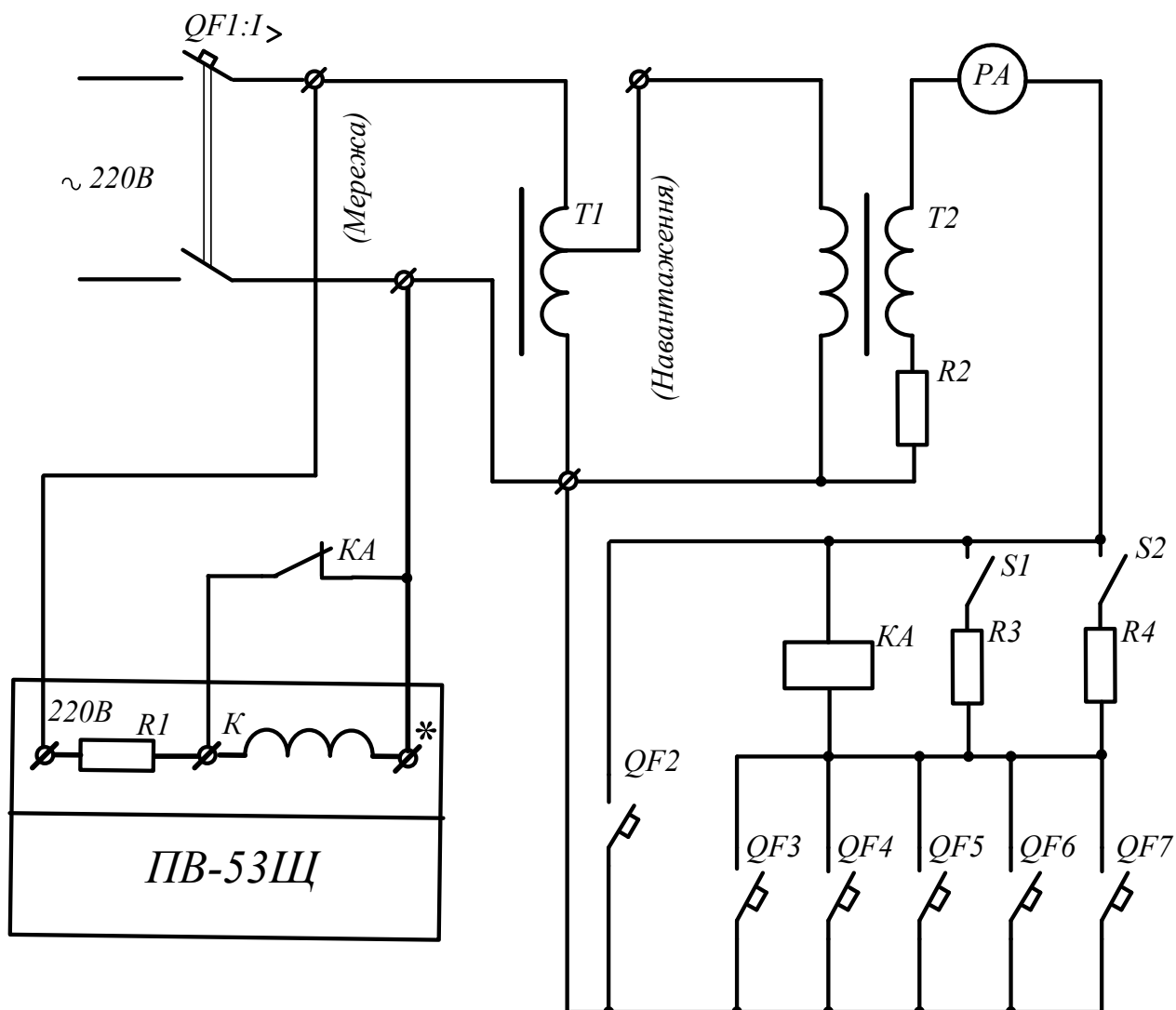


Рис. 9.3 – Електрична схема випробування автоматів.

### 9.3. Завдання

- 9.3.1. Вивчити узагальнену конструкцію автоматичного вимикача, типи механізмів управління автоматами, види розчеплювачів.
- 9.3.2. Вивчити електричну схему випробування повітряних автоматів.
- 9.3.3. Зняти і побудувати залежність часу спрацьовування  $t_{спр}$  від струму.

### 9.4. Порядок виконання роботи

- 9.4.1. Установити ручку ЛАТРа в крайнє ліве положення.

- 9.4.2. Установити автоматичний вимикач QF2, що включений паралельно, в положення «Включено».
- 9.4.3. Включити досліджуваний вимикач QF3.
- 9.4.4. Включити автомат мережі QF1.
- 9.4.5. За допомогою ручки ЛАТРа виставити досліджуваний струм з табл. 9.1. – 2А.
- 9.4.6. Відключити автомат QF2.
- 9.4.7. Зняти показання електричного секундоміра і записати показання до табл. 9.1.
- 9.4.8. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF4 зі струмом 4А і т.д.
- 9.4.9. Включити тумблер S1;
- 9.4.10. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF5 зі струмом 6А і т.д.
- 9.4.11. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF6 зі струмом 8А і т.д.
- 9.4.12. Включити тумблер S2;
- 9.4.13. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF7 зі струмом 10А і т.д.
- 9.4.14. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF3 зі струмом 12А і т.д.
- 9.4.15. Повторити п. 9.4.1 – 9.4.7. для автомата QF4 зі струмом 14А і т.д.

Таблиця 9.1

Струм дослідного автомата $I, A$	2	4	6	8	10	12	15	18
Час спрацьовування вимикача								

### 9.5. Зміст звіту:

Звіт про лабораторну роботу повинен включати: мету лабораторної роботи, електричну схему випробування автоматів, таблицю 9.1. з дослідними даними спрацьовування автоматичних вимикачів, характеристику часу від струму навантаження, стислі висновки.

### 9.6. Контрольні питання

1. Призначення автоматичних повітряних вимикачів змінного струму.
2. В яких межах знаходиться середній час спрацьовування автоматичних вимикачів?
3. Які бувають розчеплювачі автоматичних повітряних вимикачів згідно з узагальненою схемою конструкції автоматичних вимикачів?
4. Чим відрізняються функції автоматичних вимикачів від контакторів?

5. Чим відрізняються автоматичні вимикачі типу В, С і D?
6. Які дугогасні системи використовують у автоматичних вимикачах?
7. Які типи приводів мають місце в автоматичних вимикачах?
8. Яке призначення біметалічної пластини автоматичного вимикача?
9. Яке призначення електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача?

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Тягові електричні апарати” (для студентів 2–3 курсів денної форми навчання спеціальності 8.092.202)./Уклад. М.І.Кисельов, В.К.Нем, К.О.Сорока.–Х.:ХДАМГ, 2004р.-59 с.
2. Захарченко Д.Д. Тяговые электрические аппараты: Учебник для вузов ж.д. транспорта.-М.: Транспорт, 1991.-247 с.
3. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебн. для техникумов. – 4–е изд. перераб. и дополнено.–Л.: Энергоатомиздат. Ленинград.отделение, 1989.–304 с.
4. Основы теории электрических аппаратов: Учеб. Для вузов по спец. «Электрические аппараты» И.С.Таев и др.-М.:Высшая школа, 1987. –352 с.
5. Кисельов М.І., Фатеев В.М. Тягові електричні апарати. Конспект лекцій. –Х.: ХНАМГ, 2009 р. –84с.

## Зміст

	Стор.
Вступ.....	3
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО РЕЛЕ ЧАСУ.....	12
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНОГО ПОВІТРЯНОГО ВИМИКАЧА ВА1000УЗМ.....	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЧНИХ ПОВІТРЯНИХ ВИМИКАЧІВ АВ–8 і 2НА.....	27
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ДОСЛІДЖЕННЯ ОДНОТАКТНОГО МАГНІТНОГО ПІДСИЛЮВАЧА.....	34
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. КОНТРОЛЕРИ РУХОМОГО СКЛАДУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ.....	40
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. ДОСЛІДЖЕННЯ НИЗЬКОВОЛЬТНИХ ЗАПОБІЖНИКІВ.....	47
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. ДОСЛІДЖЕННЯ ЛІНІЙНОГО ПРИВОДУ РОЗ'ЄДНУВАЧІВ ПІДСТАНЦІЙ.....	53
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНИХ ВИМИКАЧІВ ЗМІННОГО СТРУМУ .....	58
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ. ....	68

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання лабораторних робіт з курсу “Тягові електричні апарати” (для студентів 2 – 3 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050702 (0922) Електромеханіка зі спеціальностей Електричні системи і комплекси транспортних засобів, Електричний транспорт)

Автори: Михайло Іванович Кисельов,  
Віктор Миколайович Фатєєв

Редактор: Д.Ф.Курильченко

Верстка: Кисельов М.І.

План 2009, поз. 224М

---

Підп. до друку 03.02.2010  
Друк на ризографі  
Тираж 200 прим.

Формат 60x84 1/16  
Умовн.-друк арк. 3,5  
Замовл. №

Папір офісний  
Обл.-вид.арк. 3,8

---

61002, м. Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12

---

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ  
61002, м. Харків, вул. Революції, 12